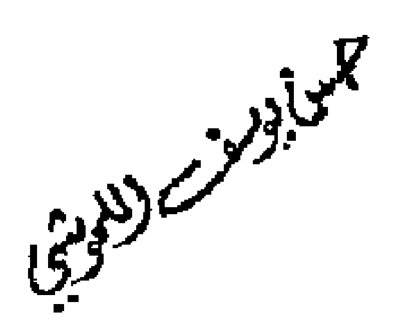
الطاقة النووية :

حوادث الإنطلاق العارض ــ مبادىء إجراءات الصحة العمومية



منظمة الصحة العالمية ١٩٨٩



منظمة الصحة العالمية هي وكالة متخصصة من وكالات الأمم المتحدة تشمل مسؤوليتها الرئيسية الشؤون الصحية الدولية والصحة العامة . ومن خلال هذه المنظمة ، التي أنشئت عام ١٩٤٨ ، تتبادل المهن الصحية في حوالي ١٦٥ بلداً المعرفة والخبرة لكي يبلغ جميع مواطني العالم بحلول سنة ألفين مستوى من الصحة يسمح لهم بأن يعيشوا حياة منتجة اجتماعيا واقتصادياً .

وتعمل المنظمة ، عن طريق التعاون التقني المباشر مع دولها الأعضاء وعن طريق التشجيع على هذا التعاون في ما بين هذه الدول ، على تعزيز الخدمات الصحية الشاملة ، والوقاية من الأمراض ومكافحتها ، وتحسين الأحوال البيئية ، وتنمية القوى العاملة الصحية ، وتنسيق وتطوير البحوث الطبية الحيوية وبحوث الخدمات الصحية ، وتخطيط وتنفيذ البرامج الصحية .

وتشمل هذه المجالات العريضة من مجالات العمل مجموعة شتى من الأنشطة المتنوعة ، مثل وضع نظم للرعاية الصحية الأولية تصل إلى كافة السكان في البلدان الأعضاء ، والنهوض بصحة الأمهات والأطفال ، ومحاربة سوء التغذية ، ومكافحة البرداء (الملاريا) والأمراض السارية الأخرى ، بما فيها التدرن والجذام ، والآن وقد تم استئصال الجدري فإنها تعمل على تعزيز التمنيع الجموعي ضد عدد من الأمراض الأخرى التي يمكن الوقاية منها ، بالإضافة إلى تحسين الصحة العقلية ، وتوفير الإمدادات بالمياه النقية ، وتدريب العاملين الصحيين من جميع الفئات .

والتقدم نحو صحة أفضل في جميع أنحاء العالم يتطلب كذلك تعاوناً دولياً في أمور مثل وضع معايير دولية للمواد الحيوية ومبيدات الهوام (الآفات) والمواد الصيدلية ، وصياغة معايير لصحة البيئة ، والتوصية بأسماء دولية غير مسجلة الملكية للأدوية ، وتطبيق اللوائح الصحية الدولية ، ومراجعة التصنيف الدولي للأمراض والإصابات وأسباب الوفاة ، وجمع ونشر المعلومات الاحصائية الصحية .

وتحتوي منشورات المنظمة على مزيد من المعلومات عن الجوانب المتعددة لأعمال منظمة الصحة العالمية .

الطـــاقة النـــووية :

حـــوادث الإنطـلاق العارض ـــ مبـــادىء إجـــراءات الصحـــة العموميـــة

Nuclear power:

Accidental releases – principles of public health action

صورة الغلاف : المفاعل النووي في جـزيرة ثري مايـل أيلنـد
بقرب هاريسبورج ، بنسلفانيا ، الولايات المتحدة الأمريكية

صورة يونتيد بريس/بوليتيكنز بريس

الطاقة النووية :

حوادث الإنطلاق العارض ـ مبادىء إجراءات الصحة العمومية

تقرير عن إجتماع لمنظمة الصحة العالمية
بروكسل ، ٢٣ ـ ٢٧ تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٨١

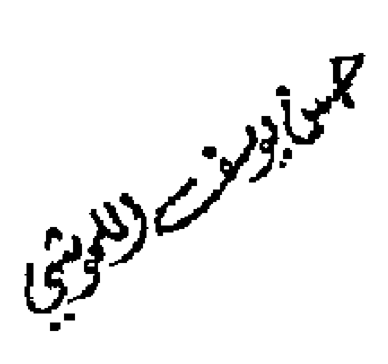
صدرت الطبعة الأصلية عن المكتب الإقليمي الأوروبي ، كوبنهاغن ، الدنمارك ، المنشورات الإقليمية لمنظمة الصحة العالمية ، السلسلة الأوروبية رقم ١٦ ، ١٩٨٤ .

وصدرت الطبعة العربية عن المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط ، الإسكندرية ، مصر ، ١٩٨٩ .

ISBN 92-9021-087-7

المحتــوى

الصفحة



مقدمـــــــة

دأبت منظمة الصحة العالمية منذ فترة على مساعدة دولها الأعضاء في تنمية قدراتها على فهم الآثار التي تترتب على إستخدام الإشعاع على نطاق واسع بالنسبة للصحة العمومية . وأسفرت هذه الجهود التي تكمل الجهود التي تبذلها منظمات أخرى من قبيل اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات ، والوكالة الدولية للطاقة الذرية ، أو الجهود التي تبذل بالتعاون مع هذه المنظمات ، عن صدور عدة منشورات لمنظمة الصحة العالمية تتناول هذا الموضوع (6-1) .

ويشكل هذا التقرير إستمرارا للجهود التي بذلتها المنظمة لتقديم إرشادات لمواجهة أي حادث أو وضع غير متوقع في منشأة نووية قد يترتب عليه إنطلاق مواد مشعة في البيئة بكميات تزيد على الحدود المقبولة . وتمثل إجراءات الصحة العمومية التي يتناولها هذا التقرير ما ينبغي إتخاذه لمواجهة مثل هذه الحوادث ، بما في ذلك وضع وتنفيذ خطط للطوارىء من أجل تخفيف أثرها على الصحة .

ويعتمد التقرير على المعارف والخبرات الجماعية لأعضاء مجموعة عمل عقدتها منظمة الصحة العالمية بالتعاون مع حكومة بلجيكا في بروكسل من ٢٣ إلى ٢٧ تشرين الثاني/نوفمبر ١٩٨١ ، لمناقشة وتقييم مختلف الإجراءات التي يمكن إتخاذها عقب إنطلاق عارض للمواد المشعة من المنشآت النووية . ولا يتضمن التقرير بيانات تقنية مفصلة ، وإنما يقدم عرضا عاما للأسس المنطقية لإتخاذ القرار ، بناء على الوضع الحالي كما قيّمه أعضاء مجموعة العمل .

لقد حضر الإجتماع ٢٢ مشاوراً مؤقتا من ١٣ بلدا ، إلى جانب ممثلين من الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ومنظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ، والرابطة الدولية للحماية من الإشعاعات . ومثلت في الإجتماع أربعة تخصصات رئيسية (الحماية من الإشعاعات ، والفيزياء الصحية ، وعلم البيئة وتقاناتها ، والبيولوجيا البشرية) ، إلى جانب ثلاث فئات مهنية كبيرة (أطباء ، ومهندسين ، وفيزيائيين) ، مما أتاح إتباع منهج شامل متعدد التخصصات في دراسة الموضوع .

والهدف من هذا التقرير هو توفير التوجيه للسلطات المحلية بشأن كيفية تنمية قدراتها على إتخاذ الإجراءات اللازمة لمواجهة الحوادث النووية . وتقع مسؤولية تخطيط إجراءات الطوارىء عادة على عاتق عدة هيئات . ولا يقتصر الأمر دائما على السلطات الصحية وحدها . وتتعلق الإرشادات الأساسية المقترحة هنا بالتدابير التي من شأنها تخفيف الآثار

الصحية لإنطلاق النويدات المشعة radionuclides ، الذي قد يحدث نتيجة لوقوع حادث في منشأة نووية . وفي هذا الصدد ، يتعين على السلطات الوطنية المختصة أن تأخذ النقاط التالية في الإعتبار :

- **التخطيط الأولي** : تستطيع السلطات الصحية تقديم المشورة بشأن سلامة تصميم وإنشاء وتشغيل المنشآت النووية ، والتأكد من وجود خطط لمواجهة أي طوارىء محتملة .
- **الجوانب التشغيلية** : تستطيع السلطات الصحية التأكد من قدرة العاملين في المنشأة على مواجهة الآثار الصحية المباشرة للحوادث ، ومن التنسيق السليم لإجراءات الصحة العمومية اللازمة في حالة وقوع حادث مع مختلف الأجهزة المعنية ، ومن أن الموظفين الصحيين المسؤولين قد تلقوا التدريب الصحيح .
- **التنفيذ** : تستطيع السلطات الصحية التأكد من توفر وسائل تقييم الحادث ، ومن وضع طرق لتنفيذ تدابير الموجهة ، ومن وضع الإجراءات التي تتخذ للعودة إلى دخول المناطق التي تلوثت .

ومن الطبيعي أن يطلب من السلطات الصحية المشاركة بدرجات مختلفة في هذه العمليات الثلاث .

ويعرض هذا التقرير المبادىء العامة والمبررات المتصلة بإجراءات مواجهة حادث يقع في محطة للقوى النووية . وتعتمد مواجهة حادث ما ، وبخاصة إختيار التدابير اللازمة وإختيار لحظة إتخاذها بدرجة كبيرة على الوضع في كل حالة ، بما في ذلك طبيعة الحادث ، وتضاريس المكان والأحوال الجوية وقت الحادث . ومن هنا فإن المجموعة توخت أكبر قدر من المرونة في توصياتها .

وتستند المبادىء التوجيهية التي تلي في هذا الكتيب إلى النظريات التي وضعتها هيئات من قبيل اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات ، التي اشترك في هذا الإجتماع ثمانية أعضاء من لجانها ، من بينهم رئيس اللجنة الرئيسية ونائبه . ويتناول الفصل الثاني مصدر الإنبعاثات وتوقيتها ، وكذلك أهميتها من منظور تدابير المواجهة اللازمة . ويصف الفصل الثالث عواقب إنطلاق المواد المشعة ويعين مسالك الإشعاع الرئيسية . ويرد تقييم مخاطر الإشعاع في الفصل الرابع الذي يشدد على المخاطر التي تواجه الأشخاص بالدرجة الأولى نتيجة الآثار التي تتوقف شدتها على الجرعة . ويتضمن الفصل الخامس قائمة وصفية بتدابير المواجهة الممكنة ومخاطر ومزايا كل منها . ويتناول الفصل السادس الجوانب النفسية الإجتماعية للحوادث . وأخيرا ، فإن الفصل السابع يستعرض العوامل الرئيسية التي ينبغي مراعاتها لدى إتخاذ القرارات ، ويبين كيف ولماذا تحدد مستويات مرجعية .

وقد أظهر حادث جزيرة ثري مايل أيلند بالولايات المتحدة ، من بين جملة مشكلات أخرى رئيسية ، الأثر النفسي الذي يترتب على الحادث نفسه في الجمهور ، واللبس الناجم عن ردود فعل السلطات العامة . ويرى معدّو هذا التقرير أنه كان بالإمكان تجنب الكثير من هذه المشكلات لو أنه كانت هناك خطط أفضل للطوارىء ، ولا سيما لإعلام الجمهور . وبفضل هذا التقرير تأمل منظمة الصحة العالمية أن تتمكن السلطات الوطنية لا من تنمية قدراتها على مواجهة الحوادث في المنشآت النووية ، وبالتالي تقليل أثرها في الصحة وحسب ، ولكن أيضا من تجنب الآثار النفسية الإجتماعية الزائدة التي تترتب على

هذه الحوادث بين مجموعات السكان المتضررة .

وقد انتخب الدكتور هـ.ب. جاميه رئيسا لمجموعة العمل ، والدكتور ج.ـــس. نينو والدكتور ر.هـ. كلارك مقررين . وأوكلت أعمال الأمانة العلمية إلى الدكتور ف. كوماروف والدكتور م.ج. سويس . ويرد تشكيل المجموعات الفرعية التي أنشئت في الإجتماع وقائمة بأسماء المشتركين في الملحقين ١ و ٢ .

وعلى أساس مسودة أولية أعدها المقرران ، والملاحظات التي أبداها أعضاء مجموعة العمل ، إجتمع الدكتور كلارك والدكتور نينو والدكتور سويس في شكل مجموعة صياغة في باريس في عام ١٩٨٣ لوضع الصيغة النهائية لهذا التقرير .

الفصـــل الأول

المبـــادىء الإرشـــادية

يمكن القول بأن الإنتاج التجاري للطاقة النووية قد أثبت خلال العقود الأخيرة أنه مأمون بدرجة أكبر نسبيا من صناعة الطاقة غير النووية . غير أنه لا يمكن إفتراض أن نظاما ما أيا كان مأمون تماما . ونظرا لأن أي حادث يسفر عن إنطلاق مواد مشعة يمكن أن تكون له آثار مدمرة على صحة السكان ، فإنه يتعين وضع خطط مناسبة لمواجهة الطوارىء .

تكلفـة تدابير المواجهـــة

إن الهدف الرئيسي هو تقليل الضرر [أ] الذي يلحق بالأشخاص نتيجة إنطلاق فعلي أو إحتمال إنطلاق مواد مشعة في البيئة . والوسيلة الوحيدة لبلوغ هذا الهدف هو إتخاذ تدابير تصحيحية قد تنطوي هي ذاتها على مخاطر صحية وتكون لها تكاليف إجتماعية ؛ ومثل هذه التدابير يكون لها مبرر إذا كشفت مقارنة خفض التعرضات مع المخاطر المتكبدة في مجال التكلفة الإجتماعية والضرر المادي عن ميزة مؤكدة .

ولا ينطبق النظام الذي أوصت به اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات لتحديد الجرعات المتلقاة أثناء التشغيل العادي للمنشآت على حالات الحوادث (7 - 9) . وبالنسبة للأوضاع غير العادية ، أصدرت اللجنة الإعلان العام التالي فيما يتعلق بالتدخلات (7) :

سيتوقف شكل التدخل المناسب للحد من تعرض أفراد الجمهور بدرجة غير عادية على الظروف . إن أي تدابير للمواجهة يمكن إتخاذها لتقليل تعرض الأفراد بعد الإنطلاق العارض لمواد مشعة تنطوي على قد من الضرر بالنسبة للأشخاص المعنيين ، سواء كان الأمر يتعلق بمخاطر صحية أو إضطراب إجتماعي social disruption . ويجب أن يتوقف قرار إتخاذ تدابير المواجهة على المقارنة بين الضرر الذي تنطوي عليه هذه التدابير ومدى تقليل التعرض الذي تتيح تحقيقه . ويتباين قدر الضرر الناجم من تدابير المواجهة تبعا لطبيعتها وللظروف التي تطبق فيها ، ومنها على سبيل المثال عدد السكان المعنيين . ومن ناحية أخرى ، تتوقف فعاليتها على سرعة تنفيذها . ولهذه الأسباب ، لا يمكن تحديد

(أ) تعرّف اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات الضـرر **the detriment** الذي يقع على السكان (7) بأنه الإحتمال الرياضي للأذى المترتب على التعرض للإشعاع ، على ألا يؤخذ في الإعتبار إحتمال وقوع كل نوع من التأثيرات الضارة وحسب ، ولكن أيضا شدة هذا التأثير . وتتضمن هذه التأثيرات الضارة التأثيرات الصحية والتأثيرات الأخرى على حد سواء .

عتبات تدخّل قابلة للتطبيق عموما ويقتضي الأمر دائما التدخل عند تجاوزها . بيد أنه قد يكون من الممكن تحديد عتبات لا يعتبر التدخل قبلها مسوغاً بصفة عامة . وتتوقف عتبات التدخل على ظروف كل حالة على حدة ، وبالتالي لا يمكن إلا أن تعطي مؤشرا عاما .

ولما كانت معظم أشكال التدخل تنطوي على بعض الأضرار ، فإن الطريقة المثلى للتدخل تعتمد على المقارنة بين الضرر الناجم عن التدخل والميزة الناتجة من تخفيض الجرعة المتلقاة بموجب هذا التدخل . ويتوقف هذا التوازن بالضرورة على الظروف المحلية التي تنشأ في ظلها الحالة التي تستدعي التدخل ، غير أنه يتعين وضع خطط مسبقة لمواجهة الطوارىء .

وترد هذه النظرية العامة ذاتها في كتاب « **معايير السلامة الأساسية للحماية من الإشعاع** » (**10**) ، الذي إشتركت في نشره الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، ومنظمة العمل الدولية ، ووكالة الطاقة النووية التابعة لمنظمة التعاون والتنمية في الميدان الإقتصادي ، ومنظمة الصحة العالمية .

توضع ، فيما يتعلق بالمصادر أو الممارسات ... التي من شأنها أن تؤدي إلى تعرض عرضي أو طارىء للعمال أو لأفراد الجمهور للإشعاع ، خطة تدخّل تعتمدها السلطة المختصة . وتعالج هذه الخطة الحالات المتوقعة وتتضمن ترتيبات لتوضيح فاعلية تدابير المواجهة المتوخاة .

خطـــة الطـــوارىء

ينبغي أن تشكل تدابير الصحة العمومية التي تتخذ في حالات الحوادث جزءا من خطة طوارىء كاملة ، توضع مسبقا لمكافحة وتقليل آثار الحادث بصورة فعالــة .

ويجب تصميم خطة الطوارىء بحيث تصلح لمواجهة نطاق واسع من الحوادث المحتملة ، ولا تقتصر على عدد قليل من الحوادث النمطية . وقد يكون لكل نوع من الحوادث آثاره الخاصة ، التي تتميز بطبيعتها ودرجتها ، ولا يمكن إستخدام أي تسلسل معين للأحداث في الخطة (**11**) . ويجب أن يغطي إختيار الحوادث لأغراض وضع الخطة نطاقاً واسعاً ، بدءاً الحوادث التي لا تتطلب أي إجراء خارج الموقع لعدم إحتمال حدوث أي عواقب لها أهمية خارج مكان الحادث ، إلى الحوادث التي تترتب عليها آثار هامة خارج الموقع ، وإن كانت غير محتملة . وتقل درجة التفصيل المطلوبة في خطة الطوارىء مع إنخفاض إحتمال وقوع الحادث . وينبغي كذلك أن يراعى في خطة الطوارىء تركيب إنبعاثات النويدات المشعة التي تنطلق من المنشأة . وعلى أي حال ، يجب أن تكون الخطة مرنة بحيث يمكن تعديلها لتلائم الظروف الخاصة لأي حادث . وتتجلى هذه الفلسفة العامة لمعالجة نطاق واسع من الحوادث والإحتفاظ بمرونة الخطة في كثير من المنشورات الدولية والوطنية (**12 - 18 ,8,7**) .

وينص كتاب « **معايير السلامة الأساسية للحماية من الإشعاع** » بوضوح على مايلي :

ينبغي أن تقوم خطة الطوارىء على دراسة الآثار الإشعاعية للإنبعاثات المشعة التي تنطلق في أعقاب حادث مرجعي reference accident . غير أنه ينبغي أن تكون الخطة مرنة بقدر كاف يسمح بتعديلها لملاءمة الوضع الفعلي ، نظرا لأن ذلك الوضع سيكون مختلفاً بصفة عامة عن وضع الحادث المرجعي .

مراحل الحادث

يمكن تقسيم أي حادث يقع في منشأة نووية إلى مراحل متتابعة، تبعا لمعايير متنوعة: الترتيب الزمني للحادث، ومستويات المخاطر التي تواجه السكان أو تدابير المواجهة التي يمكن إتخاذها لتجنب التعرض المحتمل. ولدى وضع خطة الطوارىء يكون تجنب التعرض هو أهم هدف، نظرا لأن الأولوية العليا هي حماية السكان من التعرض المحتمل للإشعاع.
ويمكن تحديد ثلاث مراحل متتابعة تلاحظ في معظم الحوادث (12 ,14 ,15 ,19). وتؤثر إعتبارات مختلفة في إتخاذ قرار تطبيق تدابير المواجهة في كل مرحلة من هذه المراحل.

- **المرحلة الأولى**، وتشمل الفترة التي يظهر فيها إحتمال إنطلاق مواد مشعة والساعات الأولى التي تعقب بداية الحادث.

- **المرحلة المتوسطة**، التي يتوقع أن تبدأ بعد بضع ساعات من وقوع الحادث ويمكن أن تمتد لمدة يوم آخر أو أكثر؛ ويفترض أن تكون غالبية الإنبعاثات المشعة قد انطلقت، وأن يترسب قدر منها على الأرض.
- **المرحلة النهائية**، وهي المرحلة التي تتخذ فيها قرارات العودة إلى ظروف الحياة الطبيعية؛ وقد تمتد لفترة طويلة.

قياس الجرعات

قد تنطلق نتيجة لحوادث المحطات النووية كميات من المواد المشعة تتراوح بين كميات ضئيلة جدا وكميات كبيرة للغاية، وبالمثل، فإن نطاق الجرعات الممكنة واسع جدا. ويكون الإنطلاق مصحوبا بمخاطر حدوث تأثيرات عشوائية stochastic effects، ويكون في حالة الجرعات العالية، مصحوبا أيضا بمخاطر حدوث تأثيرات لا عشوائية non-stochastic effects. وفي المرحلتين الأولى والمتوسطة، يكون الغرض من التدابير المضادة هو تجنب مخاطر التأثيرات المرتبطة بالجرعة وتقليل مخاطر تعرض الأفراد للتأثيرات العشوائية. وفيما يتعلق بالتأثيرات اللا عشوائية، تكون « الجرعة الممتصة » هي أنسب وسيلة للتعبير الكمي عن الخطر الذي يتعرض له الفرد. أما فيما يتصل بالتأثيرات العشوائية، فإن « مكافىء الجرعة » يكون وسيلة مناسبة للتعبير متى بلغت مستويات الجرعة العتبة التي يتوخى عندها تطبيق تدابير المواجهة.
وعلى الرغم من أن المخاطر الناشئة من تدابير المواجهة ذاتها قد تتوقف على عدد الأشخاص المعنيين، فإن قيم « الجرعات الجماعية المتلقاة » ليست ملائمة للتعبير في المرحلتين الأولى والمتوسطة. غير أنه خلال المرحلة الأخيرة وبعدها، سيكون من الضروري التعبير كمياً عن الضرر المرتبط بالحادث، لذلك فإنه من المهم أن تكون هناك قيم كمية من قبيل « الجرعة الجماعية المتلقاة ». وقد تكون « الجرعة الجماعية » التي تقدر في مساحات محدودة، قيمة مناسبة للتعبير لدى إختيار تدابير المواجهة التي تتخذ في المراحل التالية، من قبيل تطهير الأراضي والمباني من التلوث الإشعاعي.

عتبـــات التدخــل

يجب أن تتضمن خطط الطوارىء عتبات للتدخل ، وهي نقاط تتخذ عندها تدابير المواجهة المناسبة في كل مرحلة . وينبغي لدى تعيين عتبات التدخل أن تؤخذ في الإعتبار إسقاطات الجرعة (وهي الجرعات التي يرجح إستقبالها إذا لم تتخذ تدابير المواجهة) ، وكذلك الجرعة التي يتم تفاديها بتطبيق التدبير المضاد . غير أنه لا يمكن أن تكون هناك قيمةوحيدة للجرعة التي ينبغي عندها إتخاذ كل تدبير معين ، وستتوقف قيم الجرعات العتبية على ظروف الموقع ، والمنشأة ، وظروف الحادث . ولا بد أن تكون عتبات التدخل مرنة ، بحيث يمكن تعديلها لتناسب مجموعات السكان المعرضين للإشعاع تبعا لأعدادهم وتوزيعهم ، ولتناسب ظروفا متغيرة أخرى كثيرة منها الظروف المناخية المحلية والإقليمية ، وإحتمالات تصاعد خطورة الحادث . ولهذه الأسباب لن يكون بالإمكان سوى تعيين نطاق من الجرعات تحدد في إطاره عتبات التدخل .

وتدعو الحاجة إلى حساب قيمة مشتقه لكل عتبة تدخل من أجل إستخدامها في الممارسة العملية . من هنا ، فإنه يمكن تعيين عتبات مشتقة للتدخل فيما يتعلق بالاستنشاق ، والتشعيع الخارجي ، ومياه الشرب ، ومختلف المواد الغذائية مثل الحليب واللحم ، الخ . وسيعتمد تطبيق تدابير المواجهة عادة على المقارنة بين عتبات التدخل المشتقة والتنبؤات قبل التعرض والقياسات الفعلية التي تجرى أثناء التعرض .

دور الســلطات العامـة

إن مسؤولية إتخاذ التدابير اللازمة لحماية السكان من آثار أي حادث نووي تقع على عاتق السلطات الوطنية المختصة . ويتوقف الدور الخاص للسلطات الصحية في حالات الحوادث على أي حال على توزيع المسؤوليات في كل بلد على حدة . وقد تدعى هذه السلطات إلى الإسهام في وضع خطة الطوارىء وتمنح صلاحية إعلام وتثقيف السكان المحليين ، الذين ينبغي أن يكونوا على علم مسبق بخطة الطوارىء وببعض عناصرها الأساسية ، وأن يتلقوا تعليمات بسيطة وواضحة . فإذا كان السكان المحليون ملمين بالأمر على نحو مناسب ، أصبح بوسعهم تماما أن يتصرفوا إزاء أي حدث خطير بأسلوب منطقي .

وعند وقوع حادث ، يكون من المهم جدا إبلاغ السكان المعنيين به بأسرع ما يمكن ، لأنه سيكون من الضروري إتخاذ تدابير مضادة معينة بسرعة وشرح التدابير المتخذة لحماية السكان دون إبطاء .

ويفرض تنفيذ خطة الطوارىء على سلطات عديدة مختلفة أن تتدخل ، ومن بينها وزارة الداخلية ، والشرطة ، والدفاع المدني ، وإدارة الإطفاء ، ووزارة الصحة ، وإدارة الحماية من الإشعاعات ، ومصلحة الأمن والسلامة . ويجب بصورة مطلقة أن يكون هناك تنسيق كامل بينها جميعا . وينبغي أن تنص الإجراءات التي تحدد أنشطة مجموعات الإغاثة في حالات الطوارىء على تدابير الصحة العمومية التي تنفذها كل جهة على حدة .

الفصل الثاني

تسلسل الأحداث وإتخاذ القرارات

يجب لدى إعداد خطة طوارىء لمنشأة ما دراسة طائفة كبيرة من الحوادث . وفي معظم أنواع الحوادث ، تنطلق مواد مشعة في الجو وتفحص الآثار المحتملة بدرجة من التفصيل أكبر مما هي الحال في دراسة آثار تسرب السوائل العارض .

وعلى الأرجح تحدث الإنبعاثات العارضة في البيئة المائية بدرجة أقل ، كما يرجح أن تكون هناك مهلة طويلة قبل أن يتعرض السكان للملوثات (20) . وقد تكون بعض جوانب إتخاذ القرار في حالة إنطلاق ملوثات في البيئات المائية مماثلة للمراحل المتأخرة في حالة إنطلاقها في الجو . غير أن هذا التقرير يعنى بالدرجة الأولى باتخاذ القرارات في المرحلة الأولى ، ولن تناقش مسألة التعرض من خلال المسالك المائية .

التسلسل الزمني للوقائع في الحوادث

تتوقف طبيعة الإنطلاق على نوع المنشأة النووية وخطورة الحادث . ولإعداد خطط الطوارىء ينبغي دراسة مصادر الإنطلاق المختلفة ، وتحديد كل منها تبعا للجزء من مكونات قلب المفاعل الذي يرجح إنطلاقه ، بما في ذلك مدى إحتمال وقوع الحادث ، ومهلة الإنذار قبل إنطلاق المواد المشعة ، والمدة التي يتوقع أن يستمر خلالها الإنطلاق (**22, 21**) .

والتوزيع الزمني للأحداث هام جدا عند تقييم جدوى إتخاذ تدابير المواجهة وفاعليتها في تقليل الآثار الصحية المحتملة للحادث . والأزمنة ذات الأهمية الخاصة هي : الزمن من لحظة تبين وقوع الحادث إلى لحظة بدء إنطلاق المواد في البيئة ، وزمن الإنذار ، وزمن الإنطلاق . وهذه المعالم الثلاثة مترابطة وتختلف أهميتها بالنسبة لوضع خطة الطوارىء .

والزمن الفاصل بين لحظة تبيُّن بدء تسلسل الحادث وخروج المادة المشعة إلى الجو له أهميته . وعندما يكون هذا الزمن قصيرا جدا ، لا يمكن إتخاذ أي تدابير مواجهة قبل حدوث الإنطلاق . وبصفة عامة ، تكون إحتمالات وقوع هذا النوع من الحوادث ضعيفة جدا في المنشآت النووية الكبيرة ، مثل مفاعلات الطاقة التي تتوفر فيها نظم أمان متطورة . وفي معظم الحالات تكون هناك مهلة قبل حدوث الإنطلاق غير المحكوم . وتتراوح هذه المهلة بين نصف ساعة ويوم واحد أو أكثر (**24, 23, 14**) . وفي بعض الحالات ، قد يكون

بالإمكان السيطرة على الإنطلاق بعد وقوع الحادث .

وزمن الإنذار هو المدة بين العلم بحادث وشيك يحتمل أن يترتب عليه تعرض الجمهور للإشعاع وإنطلاق مواد مشعة إلى خارج الموقع . ولهذا العامل أهميته بالنسبة لإتخاذ القرارات ، ولا سيما فيما يتعلق بوجوب إتخاذ تدابير مواجهة من عدمه ، وأي التدابير ينبغي إختيارها .

ويتراوح زمن الإنطلاق من بضع لحظات إلى عدة أيام (10) . ويمكن بصفة عامة أن نتوقع أن أهم جزء هو الذي سينطلق خلال الساعة الأولى من الإنبعاثات التي تستمر لبضع ساعات ، على الأقل بالنسبة لأكثر الحوادث المحتملة وقوعاً . وفي حالات أخرى ، حيث قد يطول زمن الإنطلاق ويمتد لبضعة أيام ، ينطلق معظم المواد المشعة في اليوم الأول ؛ وقد يكون الإنطلاق في شكل ذروات على فترات زمنية متباينة لا يمكن التنبؤ بها . غير أن زمن الإنطلاق هو عامل هام دائما ، نظرا لأنه قد تحدث تغيرات في إتجاه الريح وسرعتها إذا استمرت الإنبعاثات لمدة طويلة . وقد يقلل ذلك بشدة من الجرعات المتلقاة ، ولكنه قد يصيب أيضا مجموعات سكانية لم تؤخذ في الحسبان في المراحل المبكرة .

وبأخذ هذه المعالم الرئيسية الثلاثة في الإعتبار وهي : المهلة الزمنية التي تسبق الإنطلاق ، وزمن الإنطلاق ، ومهلة الإنذار ، يمكن تصنيف الإنطلاق بشكل مبسط إلى ثلاث فئات يمكن الجمع بينها بطرق مختلفة :

- قصير أو ممتد ،
- محكوم أو غير محكوم ،
- مسبوق أو غير مسبوق بإنذار .

وهناك عاملان آخران يؤثران في الجرعات المحتملة التي يتعرض لها الجمهور :

- **الإرتفاع الذي يحدث عنده الإنطلاق** : سيختلف إضطراب الجو والآثار الناتجة منه تبعا لما إذا كان الإنطلاق يصدر من مصدر محدد جيدا أم لا ، ولما إذا كانت المواد تسحب أم لا تسحب بواسطة التيارات الهوائية حول المباني .
- **الطفوية Buoyancy** : يمكن أن يؤدي صعود غيمة الإشعاع إلى أعلى في الجو دوراً كبيراً في تقليل مخاطر التعرض التي يواجهها السكان المحليون . وتعتمد هذه الظاهرة على درجة حرارة المواد المنطلقة ، وإتجاهها ، وكميتها ، وسرعتها المبدئية . غير أنه لا تتوفر حتى الآن نماذج مناسبة تمكّن من التنبؤ بدقة بظاهرة صعود غيمة الإشعاع .

توقيت تدابير المواجهة

تبعا لمرحلة الحادث (الأولى ، أو المتوسطة ، أو النهائية) ، تعتمد قرارات السلطات المختصة بشأن تدابير المواجهة على إعتبارات مختلفة (14 ,19 ,22 ,25-30) . ولا تتميز مراحل الحادث في الواقع بعضها عن بعض بخط فاصل واضح ، وقد يتداخل بعضها مع بعض .

المرحلة الأولى

تعرف المرحلة الأولى بأنها الفترة التي تبدأ عند تبيّن إحتمال وقوع إنفجار موقعي off-site exposure وتمتد إلى الساعات القليلة الأولى بعد بدء الإنطلاق . وقد تبلغ الفترة الزمنية بين إدراك بدء وقوع أحداث الحادث وبدء إنطلاق المواد المشعة نصف ساعة أو أقل ، كما أن زمن الإنطلاق أيضا قد يبلغ نصف ساعة . وهذا الزمن القصير يجعل من الصعب إتخاذ أي قرار بشأن تطبيق تدابير مواجهة ، نظرا لأن الأمر يقتضي التنبؤ بالمسار المتوقع للحادث وبأوضاع لم تنشأ بعد . من هنا ، فإن تقييم التعرض خارج الموقع وإمكانية تقليله بإتخاذ تدابير مواجهة مناسبة هو عملية تخمين صعبة .

والسمة العامة لزمن الإنذار warning period والساعات القليلة الأولى من إنطلاق المواد المشعة هي أن القرارات التنفيذية تقوم على المعايير نفسها : البيانات الواردة من المنشأة النووية ذاتها ، وبيانات الأرصاد الجوية المحلية . والأمر يقتضي إجراء مراجعة لاحقة في خطوات متتابعة للتقديرات المؤقتة بشأن طبيعة وكميات المواد المشعة المحتمل إنطلاقها ، وكذلك التسلسل الزمني لإنطلاقها . وكما أن المنشأة هي التي تقدم في معظم الحالات بيانات الأرصاد الجوية الأولى اللازمة لإتخاذ القرارات ، فإنه من المهم أن يكون هناك نظام موثوق ودقيق لقياس مؤشرات الأحوال الجوية .

وتتضمن المخاطر التي ينبغي النظر فيها في المرحلة الأولى التشعيع الخارجي external irradiation المباشر من المنشأة النووية ، والتعرض الخارجي من الغيمة plume ، ومن الترسبات الأولى early deposits على الأرض ومن الترسب على الملابس والجلد ، واستنشاق المواد المشعة من الغيمة .

المرحلة المتوسطة

تبدأ المرحلة المتوسطة بعد ساعات قليلة من بدء إنطلاق المواد المشعة وقد تستمر لمدة يوم أو أكثر . ويفترض أن تنطلق في هذه المرحلة غالبية المواد المشعة المتوقعة وأن تترسب كميات هامة من المواد المشعة على الأرض ، ما لم تكن مكونات الإنبعاثات قاصرة على الغازات الخاملة . وليس هناك فاصل زمني واضح في تخطيط إجراءات الطوارىء في المرحلتين الأولى والثانية . غير أنه يتعين في المرحلة الثانية الحصول تدريجيا على النتائج الأولى لعملية الرصد البيئي . ومن شأن هذه النتائج إلى جانب التنبؤات بشأن أي عمليات إنطلاق متوقعة ، أن تؤكد القرارات التي سبق إتخاذها بشأن تطبيق تدابير المواجهة أو تسمح بتعديل هذه القرارات .

وخلال المرحلة المتوسطة ، قد يتعرض السكان لمصادر إشعاع متنوعة : النويدات المشعة radionuclides المترسبة على الأرض ، والتشعيع الداخلي المرتبط بتناول الماء والأغذية الملوثة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، واستنشاق المواد المشعة التي عادت إلى التعلق في الهواء من المناطق الملوثة كالتربة والطرق والمباني تحت تأثير الرياح .

المرحـلة النهائيـــة

تتعلق هذه المرحلة بالعودة إلى ظروف الحياة الطبيعية . وقد تمتد من بضعة أسابيع إلى عدة سنوات بعد وقوع الحادث ؛ وتعتمد مدتها على طبيعة وحجم الإنبعاثات المنطلقة . ويتصل الخطر الذي يتعرض له السكان باستهلاك الأغذية الملوثة عموما وبالتشعيع الخارجي من البيئة الملوثة . وخلال هذه المرحلة يمكن إستخدام البيانات الناتجة من رصد البيئة للبت في مسألة العودة إلى ظروف الحياة العادية ، بإلغاء مختلف تدابير المواجهة التي فرضت خلال المرحلتين الأولى والثانية ، إما مرة واحدة أو بصورة تدريجية . وبدلا من ذلك ، قد يتخذ قرار باستمرار فرض بعض القيود لفترات طويلة تتعلق ، على سبيل المثال ، بالإنتاج الزراعي ، أو خطر إرتياد مناطق أو مبان معينة ، أو تناول أغذية بعينها (نباتية أو حيوانية ، أو منتجات ألبان) من إنتاج بعض المناطق .

ويكون الهدف خلال المرحلة النهائية ، التي قد تسمى أيضا مرحلة العودة إلى الوضع المعتاد ، هو العودة إلى الحياة الطبيعية . وينبغي أن تعتمد القرارات المتعلقة بالتدابير الوقائية (التدابير الصحية وكذلك التدابير الإجتماعية الإقتصادية) التي يتعين إستمرارها أو إتخاذها خلال هذه المرحلة ، على إعتبارات تختلف عن الإعتبارات المستخدمة في المرحلتين الأوليين . لذلك فإن مبررات إتخاذ القرار قد تختلف عنها في المراحل المبكرة لحظة الطوارىء . وعلى سبيل المثل ، فإن الإعتبار الرئيسي في المرحلة الأولى هو الجرعات الفردية المحسوبة التي يتوقع تلقيها إذا لم تتخذ أي تدابير وقائية . وفي هذه المرحلة الأولى ، يمثل أفراد الجمهور الذين يتعين إتخاذ إجراءات وقائية سريعة من أجلهم ، في معظم الحالات ، مجموعات محددة جيدا وصغيرة نسبيا . وتمثل الجرعات المنخفضة التي تتلقاها أعداد كبيرة من الناس الذين يعيشون على مسافات بعيدة من المنشأة النووية ، معظم الجرعة الجماعية المتلقاة من الإنبعاثات المشعة ، وقد لا يكون من المجدي عمليا إتخاذ تدابير لتجنب تلقي هذه الجرعات . وعلى العكس من ذلك ، فإن قيم مقادير الجرعات ، من قبيل « مكافىء الجرعة الجماعية » ، و«مكافىء الجرعة الجماعية المتلقاة » ، وتوزيع هذه القيم تسهم في تقدير إجمالي الضرر الصحي المرتبط بحادث الإنطلاق . وتشكل الجرعات الجماعية المتلقاة فيما يتجاوز حدودا فردية معينة للجرعة ، الأساس الذي تبنى عليه القرارات باستخدام طريقة تحليل الفائدة والتكلفة في مرحلة العودة إلى الوضع المعتاد .

إتخـاذ القـرارات

يتميز إتخاذ القرار في المرحلة الأولى لتسلسل حادث ما بأنه يقوم على الأرجح على المعلومات الواردة من المنشأة وليس على أية عملية رصد بيئي شاملة . وفي حالة توفر مهلة إنذار كافية ، قد يتقرر إتخاذ إجراء إيواء أو إخلاء وقائي ، تبعا لحجم الإنبعاثات المحتملة . وفي ذلك ما يبرز الحاجة إلى وضع عتبات مسبقة لإتخاذ الإجراءات في المنشأة النووية على أساس تحليل نطاق واسع من الحوادث وآثارها .

ويفترض في المرحلة المتوسطة أن معظم المواد المشعة قد إنطلقت ودخلت في الجو ، وأنه ما لم تكن الإنبعاثات قاصرة على الغازات الخاملة ، فإنه يرجح أن يترسب تلوث باق على سطح الأرض . وتتخذ قرارات تطبيق تدابير المواجهة في هذه المرحلة على أساس الرصد

البيئي . فإذا كان الحادث خطيرا ومعدلات الجرعة الخارجية نتيجة الترسب على الأرض مرتفعة جدا في بعض المناطق القريبة من المنشأة ، أو إذا غسل المطر كميات زائدة من المواد المشعة ، أصبحت الحاجة إلى الإخلاء evacuation ملحة . أما في حالة مستويات الجرعة الأقل ، فإنه سيتوفر الوقت الكافي لحساب معدلات الجرعة وإسقاطات جرعات مدى العمر ، مع مراعاة تأثير العناصر الطبيعية وتدابير التطهير من التلوث ، قبل البت فيما إذا كان يلزم ترحيل السكان من أجل تجنيبهم إحتمالات تلقي جرعات أكبر . وعلى الأرجح سوف تكون هذه الجرعات أقل من الجرعات التي يترتب عليها القيام باجلاء السكان بشكل أكثر إستعجالا .

ويجب خلال المرحلة المتوسطة أيضا النظر في فرض قيود على بيع وإستهلاك المنتجات الغذائية الواردة من المناطق الملوثة . وستتوقف هذه القرارات على الوسائل المتاحة لتأمين مصادر بديلة للتموين بالمواد الغذائية والمياه . وفي حالة ضمان هذه الإمدادات ، لا يؤدي حظر إستهلاك المنتجات الغذائية بالضرورة إلى أي صعوبات ويسهم إلى حد كبير في تسكين روع الجمهور .

وخلال مرحلة العودة إلى الوضع المعتاد ، يكون الهدف محاولة إعادة الوضع إلى الظروف المعتادة في المناطق التي طبقت فيها تدابير المواجهة . وهنا أيضا ستتوقف القرارات على معدلات الجرعة وعلى إسقاطات الجرعة مدى العمر التي سيتلقاها الأشخاص الذين يسمح لهم بالعودة إلى هذه المناطق وببدء الحياة فيها من جديد . ويبت في الجرعات التي تسمح بالعودة على أساس قيم الجرعات الجماعية وبتحليل الفوائد بالنسبة إلى التكلفة . وسيكون من الضروري التفكير في التطهير من التلوث وكذلك في أهمية النشاط الإقتصادي الذي يمارس في المنطقة المتأثرة . فعلى سبيل المثال ، عندما يكون نشاط صناعي معين في منطقة متأثرة ذا أهمية خاصة بالنسبة للمصلحة الوطنية ، فقد يكون من المناسب الترخيص باستئناف الحياة المعتادة في الوقت الذي تكون فيه إسقاطات الجرعة أعلى من الحد المقبول على سبيل المثال في منطقة ريفية بصورة رئيسية .



الفصل الثالث

تقييم
التعرض للاشعاعات

طرق التعرض للإشعاعات

قد يتعرض أفراد الجمهور للإشعاعات بطرق عديدة ، من بينها التعرض الخارجي للنويدات المشعة في غيمة الإشعاع ، وللإشعاعات المترسبة على الأرض ، والتعرض الداخلي عن طريق استنشاق المواد المشعة الموجودة في غيمة الإشعاع والمواد التي تعود إلى الإنتشار في الهواء من على السطوح الملوثة ، وأخيرا تناول الأطعمة الملوثة . ومن المهم معرفة كل سبيل من هذه السبل وتقييم مدى أهميته بالمقارنة مع السبل الأخرى . فسبل تعرض السكان للإشعاعات تؤثر في القرارات التي يتعين على السلطات إتخاذها لتقليل هذه التعرضات أو إتقائها .

وأهم طرق التعرض للإشعاعات بعد وقوع حادث يترتب عليه إنطلاق إشعاعات في البيئة هي .

التعرض الخارجي للإشعاعات المحمولة بالهواء . تؤدي إشعاعات غاما التي تطلقها الغازات الخاملة ، واليود ومنتجات الإنشطار في شكل جسيمات دقيقة إلى تشعيع الجسم كله أثناء مرور غيمة الإشعاع . وتتوقف الجرعة الناتجة على خصائص ومدة الإنطلاق . وفي حالة إنطلاق غازات خاملة فقط ، تكون غيمة الإشعاع هي المصدر الرئيسي لتعرض السكان . ويمكن إغفال التعرض المباشر من المرفق النووي نفسه في معظم الحالات ، بالمقارنة مع التعرض المباشر من الغيمة .

التعرض الداخلي باستنشاق النويدات المشعة الموجودة في غيمة الإشعاع . يؤدي هذا الإستنشاق بصورة رئيسية إلى تشعيع الأعضاء والأنسجة ، وتتوقف الجرعة على تشكيلة النظائر الموجودة في المواد المنطلقة ، وخصائص الإنطلاق ومدته (31 ,32) .

التعرض الخارجي المباشر للترسبات الساقطة على الأرض . يترتب على هذا التعرض تشعيع الجسم كله ، ويعزى إلى نواتج الإنشطار المترسبة على سطح الأرض والمباني والطرق . ويقل هذا التعرض بمرور الوقت بسبب الإنحلال الإشعاعي وزوال التلوث بالغسل والإرتشاح . وإذا كانت الإنبعاثات تتكون من نويدات قصيرة العمر ، فإن تناقص الجرعة يكون سريعا ، لكن الأمر لا يكون كذلك إذا كانت الترسبات تحتوي كميات كبيرة من نواتج الإنشطار طويلة العمر .

التعرض الداخلي باستنشاق ترسبات النويدات المشعة العائدة إلى التعلق في الهواء .

التعرض الداخلي عقب إبتلاع الأغذية والمياه الملوثة . ينشأ إبتلاع المواد المشعة إما نتيجة لترسبها مباشرة على المواد الغذائية التي يتناولها السكان أو بصورة غير مباشرة عن طريق الأغذية أو المنتجات الحيوانية أو منتجات الألبان الناتجة من الأرض الملوثة . ويؤثر هذا النوع من التعرض في مجموعات كبيرة جدا من السكان الذين يعيشون بعيداً عن موقع المنشأة النووية ، ولم يسبق لهم التعرض بالضرورة عن طريق المسالك الأخرى . وأكل الخضراوات هو عملية تعرض طويلة الأجل وليست له الأهمية النسبية التي للمسالك الأخرى خلال المرحلة الأولى للحادث ، ولا سيما بالنسبة لمجموعات السكان الذين يعيشون بالقرب من المنشأة .

والمسالك الثلاثة الأولى يمكن أن تختلف في أهميتها تبعا للظروف . ومع إنتقال غيمة الإشعاع في إتجاه الريح مبتعدة عن المنشأة ، يقل تلوث الهواء ويزال بوسائل مختلفة . وتتضمن هذه الوسائل الإنحلال الإشعاعي ، والزوال بعمليات الترسب مثل الإصطدام بالعوائق (ترسب جاف) أو هطول المطر والثلج (ترسب رطب) . ويصعب التنبؤ بأساليب الترسب بدقة . وتعتمد معدلات زوال التلوث على عوامل كثيرة ، من أهمها : كثافة الجسيمات وأحجامها ، وخصائص الأرض ، والأحوال الجوية . وكتقدير تقريبي أوّلي يمكن إفتراض أن سرعة الترسب الجاف ، أي نسبة دفق الترسبات إلى تركيز النويدات المشعة في الهواء على إرتفاع معين فوق سطح الأرض تكون ثابتة . ويعتمد الترسب الرطب wet deposition على معدل هطول الأمطار ويمكن إفتراض أنه منتظم خلال الفترة موضع النظر . ويفترض أن الغازات الخاملة غير قابلة للتفاعل الكيميائي ولذلك فإننا لا نجدها في الترسبات الجافة أو الرطبة . ويمكن أن تنسب الترسبات الأرضية للمواد المشعة الأخرى مثل الابخرة والجسيمات إلى تركيز المواد المشعة في الهواء باستخدام سرعة الترسيب . ويؤدي سقوط المطر أثناء إنطلاق الإنبعاثات إلى زيادة تعرض السكان الذين يعيشون في هذه المنطقة ، ولكنه يؤدي إلى تقليل كمية الإشعاعات في الغيمة التي يتعرض لها السكان الذين يعيشون في المناطق الأبعد .

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر في التعرض للإنبعاثات المنطلقة في الجو إستقرار الطقس ، وإرتفاع نقطة الإنطلاق ، وسرعة الريح ، والمحتوى الحراري للإنبعاثات .

إن مسالك التعرض الثلاثة ــ التشعع المباشر من الغيمة ، وإستنشاق المواد المحمولة في الهواء (المواد الطيارة ، والضبوبات ، والجسيمات) والتشعع المباشر من الترسبات ــ هي ما يرجح حدوثه في المرحلة الأولى . ونظرا لأن المواد المشعة يمكن أن تترسب على الفرد نفسه ، فإن التعرض قد ينشأ من تلوث الملابس والجلد .

ويؤثر المسلكان الأخيران في المراحل المتأخرة بصورة رئيسية ، وتختلف تدابير المواجهة التي يتعين إتخاذها حيالها عن التدابير التي تتخذ في المرحلة الأولى .

وطرق التعرض الرئيسية يمكن تحديدها على النحو التالي : تعرض الجسم كله ، وتعرض عضو معين ، ولا سيما الرئتين والغدة الدرقية ، ونخاع العظام ، والجلد . وقد تكون إحدى هذه الطرق هي السائدة تبعا لأنواع النويدات المشعة radionuclides التي تتركب منها الإنبعاثات . وتزيد العواقب المحتملة عموما كلما إنتقلنا من حالة إنطلاق غازات خاملة فقط ، إلى إنطلاق مواد طيارة ، إلى إنطلاق منتجات إنشطارية غير طيارة . ومن هنا تظهر أهمية تعيين مصادر الإشعاع بأكبر دقة ممكنة ، وهو ما يتيح تحديد مسالك التعرض (23) .

مستويات التعرض

يمكن أن يقوم التنبؤ بالجرعات المحتمل أن تترتب على إنطلاق إنبعاثات إشعاعية في حادث ما على طريقتين متكاملتين (33) . الأولى هي التقدير النظري لكمية وطبيعة الإنبعاثات الإشعاعية أثناء المرحلة الأولى للحادث . ويتعين عموما إجراء هذا التقرير على أساس المعلومات التي تقدمها المنشأة إلى جانب بيانات الأحوال الجوية السائدة . والطريقة الثانية هي إستخدام نتائج القياسات الأولى التي تجرى خارج الموقع للنويدات المشعة بعد بدء إنطلاق الإنبعاثات في البيئة .

التقدير النظـري

قبل بدء إنطلاق الإنبعاثات إلى الجو ، لا تكون هناك سوى المعلومات التي توفرها أجهزة القياس المركبة في المنشأة . وللتمكن من إتخاذ قرارات بشأن تدابير المواجهة ، يتحتم بأسرع ما يمكن تقدير حجم الجرعات التي يحتمل إنطلاقها خلال المرحلة الأولى . ويمكن إتخاذ مثل هذا القرار في وقت قصير إذا كانت الإجراءات الخاصة بالمنشأة مخططة مسبقاً وتغطي نطاقاً واسعاً من حالات الحوادث والظروف الجوية . لذلك ، فإنه يتعين لعمل تقدير مبدئي لتعرض السكان ، أن يخطط مديرو المنشأة من أجل تقديم تقديرات في فترات منتظمة لحجم وتركيب الإنبعاثات المشعة المرجح إنطلاقها .

ويجب إعداد نموذج لنمط التشتت الجوي تبعا لخصائص الموقع والحصول على بيانات الأرصاد الجوية المحلية مثل سرعة الرياح وإتجاهها ، وظروف الإنتشار في الجو ، وسقوط الأمطار أو سطوع الشمس (22 ,34-38) . ويسمح هذا النموذج بعمل تنبؤات في الوقت المناسب عن التركيزات الجوية للمواد المشعة والترسبات المتساقطة على الأرض والمباني . وخلال المرحلة الأولى للحادث ، تتعلق معلومات الأرصاد الجوية الوحيدة التي يمكن الحصول عليها على الأرجح باتجاه الرياح وسرعتها ، ويجب أن يكون بالإمكان إستخدام نموذج التشتت بسهولة . ومعظم النماذج البسيطة تكون صحيحة لمسافات تصل إلى بضع عشرات من الكيلومترات ، وإذا أخذنا في الإعتبار أن تدابير المواجهة المتخذة في المرحلة الأولى تنطبق على منطقة تقع في حدود بضعة كيلو مترات فقط من المنشأة النووية ، فإن هذه النماذج لابد أن تكون لها فائدتها .

وأوسع النظم استخداما في التنبؤ بالتشتت الجوي يقوم على نموذج غيمة غوسيان Gaussian plume model . ونموذج الغيمة سهل الاستعمال ، وبخاصة عندما لا تتوفر سوى بيانات محدودة عن الأحوال الجوية .

ولا ينطبق النموذج إلا على الأرض المكشوفة المسطحة بينما في بلدان كثيرة تقع المنشآت النووية في مناطق تؤثر فيها الطوبوغرافية في الأحوال الجوية (مثل الوديان) . ويتعين تصميم نماذج خاصة في هذه المناطق لمراعاة خصائص التشتت المحلية (39) .

إن أي إنطلاق في الجو لإنبعاثات مشعة سيسـفر إلى حد ما عن تلوث الأرض ، ما لم تقتصر الإنبعاثات على الغازات الخاملة . وعلاوة على ذلك ، فإن الماء قد يتلوث بشكل مباشر عن طريق الترسب وسريان وغسل المواد المشعة من الأراضي الملوثة (40) . وتستغرق

هذه الظواهر بعض الوقت عادة ، لكن يجب أخذها في الإعتبار ، نظرا لإحتمال تلوث مصادر مياه الشرب .

الرصـــد

فور بدء إنطلاق الإنبعاثات ، يمكن رصد monitor مستويات المواد المشعة في البيئة (44-41, 15) . وستسمح نتائج هذه القياسات البيئية بتأكيد أو تعديل التقديرات النظرية التي وضعت أثناء المرحلة الأولى ، وتساعد ، فضلا عن ذلك ، في تقدير التعرض في الأماكن التي لا يمكن فيها عمل قياسات مناسبة بسرعة .

وينبغي أن تقوم بالرصد فرق جيدة التدريب باستخدام معدات مناسبة يعول عليها ويمكن نقلها بسهولة . وينبغي أن يكون بوسع هذه الفرق أن تتحرك بسرعة كبيرة ، ويتوقف عددها على المواقع المطلوب رصدها . ويمكن توزيع الفرق على أماكن مختلفة لتجنب الحصار أو التأخير بسبب الظروف الناشئة من إنطلاق الإنبعاثات المشعة أو أي عوامل خارجية أخرى كالطقس . وينبغي عمل القياسات الأولى في أقرب وقت بعد بدء الإنطلاق في المناطق المجاورة مباشرة للمنشأة . وفي معظم الحالات ، يكون فريق الرصد البيئي المتنقل التابع للمنشأة النووية نفسها هو أول من يُستدعى للعمل نظرا لأنه موجود في الموقع بالفعل ، وجاهز فورا ومدرب للقيام بهذا النوع من الرصد . .

وتتضمن خطة الرصد monitoring ، التي تشمل جمع كل القياسات البيئية ، من أربعة أقسام متتابعة . وينفذ القسم الأول من الخطة خلال الساعات الأولى بعد وقوع الحادث . وتؤخذ القياسات لغرضين : تأكيد التنبؤات النظرية عن طريق أخذ العينات ، وتقدير التعرض اللاحق لغيمة الإشعاع عن طريق وضع أجهزة قياس الجرعة في نقاط معينة بطول طريق محدد مسبقاً . ولا توفر أجهزة قياس الجرعة بيانات عن التعرض للغيمة إلا إذا وضعت ورفعت في مواعيد سليمة . وينبغي وضع خطة مسبقة للطريق والنقاط التي تؤخذ منها العينات للقياس أو توضع فيها أجهزة قياس الجرعة ، مع مراعاة الأوضاع الجغرافية والسكانية .

ويتعلق القسم الثاني من خطة الرصد بصورة رئيسية بتقدير الترسبات عندما تحتوي الإنبعاثات الغازية كميات ملموسة من اليود ومنتجات الإنشطار . وتُعمل قياسات لمعدل الجرعات والتلوث السطحي ، ويُجرى تحليل لعينات تؤخذ من الماء والنباتات والتربة ومختلف السطوح .

وخلال القسم الثالث لخطة الرصد ، وفي حالة إكتشاف تلوث كبير عن طريق قياسات العينات ، يصبح أخذ عينات إضافية من الحليب ، إن وجد ، أمراً ضروريا . وتؤخذ هذه العينات الإضافية بصورة رئيسية إذا كانت القياسات السابقة قد دلت على وجود اليود في الترسبات ، ولكنها تؤخذ أيضا لرصد إنتقال النويدات المشعة radionuclides الأخرى المترسبة على سطح الأرض .

وينفذ القسم الرابع والأخير من خطة الرصد في مرحلة لاحقة ، بعد إتخاذ تدابير المواجهة ، بغرض عمل تقدير للأضرار التي لحقت بالسكان . وستكون هناك حاجة عادة لرصد مستويات التلوث المتخلفة في الأرض والنشاط الإشعاعي في المواد الغذائية على مسافات تبعد كثيرا عن المناطق التي طبقت فيها تدابير المواجهة .

الفصل الرابع

تقييم آثار التعرض

لا يقتضي إعداد خطط الطوارىء تقييم تعرض الأفراد المتأثرين بالحادث وحسب ، ولكنه يتطلب أيضا مراعاة التأثيرات الضارة بالصحة ، التي قد تنشأ من هذا التعرض . ولهذا الغرض ، يجب دراسة ثلاث فئات من التأثيرات : التأثيرات الجسمية المبكرة والممتدة ، والتأثيرات الجسمية المتأخرة ، والتأثيرات الوراثية . وقد كانت التأثيرات البيولوجية للإشعاعات المؤينة في الأجسام الحية موضوع دراسات أجرتها منظمات عديدة في مختلف أنحاء العالم . وكرست جهود علمية كبيرة لفهم العمليات الأساسية التي تؤثر بها هذه الإشعاعات في الأنسجة البشرية ، ولتكوين قاعدة متينة من المعلومات من أجل تحديد إتجاهات عامة تتعلق بالحماية من الإشعاعات (7 ,8 ,52-45) .

ويمكن أن ينتج التشعع irradiation من الإشعاعات الصادرة من غيمة الإشعاع ، أو من المواد المشعة المترسبة على الأرض ، أو من المواد المشعة المستنشقة أو المبتلعة عن طريق الأغذية الملوثة . وقد تحدث الإشعاعات تأثيرات سريعة أو متأخرة في الصحة تبعا للجرعة المتلقاة . وتترتب التأثيرات السريعة على تشعع حاد بجرعة قوية وتظهر خلال الأيام أو الأسابيع التالية للتعرض . أما التأثيرات المتأخرة فإنها لا تظهر إلا بعد مرور سنوات على هذا التعرض . وقد تكون هناك عدة تأثيرات طويلة الأجل بين السكان الذين تعرضوا للإشعاع ، من بينها الأورام الخبيثة ، المميتة أو غير المميتة ، والعقيدات الحميدة في الغدة الدرقية . وقد يحدث تطور شاذ للجنين ، وكذلك شذوذات ولادية في نسل الأشخاص الذين تعرضوا للإشعاع . وتميز اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات من بين التأثيرات الصحية فئتين هما : التأثيرات العشوائية stochastic والتأثيرات اللا عشوائية (7) . والأولى هي التأثيرات التي تزيد إحتمالات حدوثها مع زيادة جرعة الإشعاعات ، بدون وجود عتبة للتأثير ، ولا تعتمد شدتها على مقدار الجرعة ، ولا يؤثر مقدار الجرعة إلا على إحتمالات ظهور هذه التأثيرات . أما التأثيرات اللا عشوائية non-stochastic فهي تأثيرات تزيد شدتها مع زيادة الجرعة ولذلك قد يوجد لها حد عتبي معروف .

وبعد وقوع حادث خطير في مفاعل ، قد يمتص الأفراد جرعات كبيرة إلى حد يؤدي إلى تأثيرات لا عشوائية تنتج إما من التعرض الخارجي لغيمة الإشعاع أو الترسبات ، وإما من تعرض داخلي بسبب إستنشاق مواد مشعة . وتتخذ القرارات المتعلقة بتدابير مواجهة الحادث ، على الأقل خلال المرحلة الأولى للحادث ، بهدف تجنب التأثيرات اللا عشوائية للإشعاعات والحد من التأثيرات العشوائية .

التأثيـرات اللا عشــوائية

تظهر التأثيرات اللا عشوائية non-stochastic في حالة الحادث النووي في أجل قصير أو في أجل متوسط في أي عضو أو نسيج تعرض للإشعاع . ويتوقف نوع رد الفعل الحيوي وعتبة التأثير على هذه الأعضاء أو الأنسجة . والأعضاء أو الأنسجة التي تتعرض للتأثيرات اللا عشوائية هي نخاع العظام ، والرئة ، والغدة الدرقية ، والجلد . وبصورة تقريبية أولية ، يمكن الخلط بين تعرض نخاع العظام وتعرض الجسم كله ، إذا اتضح أن الآفات المترتبة على الإشعاعات في النخاع ربما تشكل التأثير الرئيسي ، بالنظر إلى مجموعة النويدات المشعة التي يحتمل إنطلاقها بعد وقوع حادث في مفاعل يبرد بالماء الخفيف light-water reactor . ويمكن إعتبار التأثيرات التي تتعرض لها الأعضاء أو الأنسجة الأخرى كالجهاز الهضمي ، أقل أهمية . وتشمل التأثيرات في النخاع وفيات قبل الولادة ، وحالات الآفات المبكرة ، وكذلك قصور الدرقية ، والعقم الوقتي ، والساد cataracts ، وتأخر النمو .

ولما كانت التأثيرات اللا عشوائية السريعة لا تظهر إلا بعد إمتصاص جرعات كبيرة خلال وقت قصير ، فإنها لا تنتج إلا في أعقاب الحوادث الخطيرة ، وتقتصر على الأشخاص الذين يعيشون في المناطق المجاورة مباشرة للمحطة النووية . وتتوقف مدة التعرض على تسلسل وقائع الحادث وعلى الوقت اللازم لاتخاذ تدابير المواجهة المناسبة . وقد ثبت من الناحية البيولوجية أن الجرعة الكلية اللازمة لإحداث أثر معين تختلف عندما تعطى بصورة مجزأة أو موزعة على الزمن ، ويعتمد تأثير تجزئة الجرعة على النسيج المتأثر . ويمكن إستخدام بيانات العلاج بالإشعاع فيما يتعلق بتأثير تجزئة التعرضات (53-56) لتقدير أهمية عامل الزمن .

ووحدات قياس الجرعة الشائعة الإستعمال في مجال الحماية من الإشعاعات هي مكافىء الجـرعة dose equivalent ومكافىء الجـرعة المتلقـاة committed dose equivalent ، وهما يسمحان بتقدير المخاطر العشوائية التي يتعرض لها الأفراد لدى تعرضهم للإشعاعات في الظروف العادية . وهناك وحدة قياس أخرى تستخدم في مجال الحماية من الإشعاعات هي مكافىء الجرعة الفعالة effective dose equivalent تستخدم فيها عوامل ترجيح تمثل نسبة الخطر الناشيء من تشعع نسيج معين إلى الخطر الناشيء من تشعع الجسم كله بصورة منتظمة . ويجب أن تستند القرارات التي تتخذ في حالة الحادث إلى المخاطر الفردية ، ولذلك فإن أية وحدة لقياس الجرعة ترتبط بالضرر الواقع على السكان ككل ، مثل مكافىء الجرعة الجماعية أو مكافىء الجرعة الجماعية المتلقاة ، تكون غير مناسبة لتقدير إحتمالات التأثيات اللا عشوائية . أما الوحدة الكمية لقياس الجرعة ، المناسبة لتقدير هذه الإحتمالات فهي الجرعة الممتصة absorbed dose ، ولذلك فإنه ينبغي ألا يستخدم عامل النوعية (7, 57) .

ومن المهم تعيين الفترات الزمنية التي يحسب لها مجموع الجرعات ، من أجل تقدير التأثيرات اللا عشوائية . ويرجح أن تسبب الجرعات الموزعة على الزمن معدل حدوث أقل للتأثيرات اللا عشوائية ، ولذلك فإن هناك حاجة إلى هذه المعلومات للبت فيما إذا كان يتعين إتخاذ تدابير عاجلة ، وبصفة خاصة الإخلاء evacuation .

تعرض الجسم كله

بعد التشعع الحاد للجسم كله ، ترتبط التوقعات الإنذارية prognosis بشكل مباشر بالجرعة التي تلقاها جهاز تكوين الدم ، أي نخاع العظام ، وهو أحد أكثر أنسجة الجسم حساسية . ونخاع العظام هو مصدر معظم الخلايا الدوارة ، مثل الخلايا اللمفية ، والمحببات ، والكريات الحمر ، والصفيحات . وأكثرها تأثراً بالإشعاع الخلايا اللمفية . وينخفض عدد الخلايا اللمفية خلال ٤ ساعات من التشعع ، وعدد الصفيحات والمحببات خلال بضعة أيام ، بينما يبدأ عدد الكريات الحمر في الإنخفاض ببطء بعد بضعة أسابيع (58) . وقد تحدث جرعات منخفضة متكررة من الإشعاع في نخاع العظام ضرراً بالغاً ، غير أنه ما لم ينخفض عدد الخلايا الجذعية stem cells إلى أقل من مستوى حرج ، فإن الخلايا المحيطية peripheral cells تجدد نفسها ، ويبقى الشخص المشعع حيا . وقدرت الجرعة المهلكة لنصف الأشخاص المشععين خلال ٦٠ يوما (ج م.ه/٦٠ يوما) بدون معالجة طبية برقم يتراوح بين ٣ غراي و٥ غراي في حالة إمتصاص الجرعة بصورة منتظمة في الجسم (9 ,51 ,52 ,59 ,60) .

وفي حالة تعرض الجسم كله للإشعاع مرة واحدة خلال فترة قصيرة ، يبدأ خطر الموت عند نحو ٢ غراي ؛ وتقع قيمة ج م.٩ عند ٥ غراي تقريبا ، بافتراض عدم تلقي أي علاج أو حدوث أي مضاعفات أخرى . وعند مستوى الجرعة ج م.ه تكون الأعراض السريرية شديدة دائما : وتعتمد التوقعات بصورة رئيسية على لحظة ظهور هذه الأعراض ، وعلى شدة وتواتر الإضطرابات الدموية (61) . والمتلازمة الرئيسية التي تظهر في الأيام الأولى أو الأسابيع الأولى التالية للتعرض هي المتلازمة الدموية ، التي تتميز بانخفاض عدد الخلايا اللمفية ، والمحببات والصفيحات . ويقل عدد الخلايا اللمفية بسرعة إلى حد أدنى ؛ ويكون التعرض أشد خطورة كلما كان ميل هذا الإنخفاض أشد حدة ، وكان الحد الأدنى للعدد أقل . وقد بقي على قيد الحياة بعض ضحايا التشعع من الحوادث بعد التعرض لجرعات أعلى من قيمة ج م.ه/٦٠ يوما ، ولكن بعد إجتياز معالجة طبية مكثفة (62) .

وقد ينشأ تشعع الجسم كله من تعرض خارجي أو داخلي . ولذلك ينبغي أن تؤخذ معالم كثيرة في الإعتبار لدى تقدير الجرعة ، وكل من هذه المعالم يتسم بقدر من عدم اليقين . ويمكن حساب الوفيات المبكرة بعد تعرض حاد على أساس نماذج ، مع مراعاة كل المصاعب التي ينطوي عليها تقدير المعالم (38 ,63 ,64) .

تعرض الرئتين

الرئة هي أكثر أعضاء الصدر حساسية . وعلى الرغم من إحتياطياتها الوظيفية الكبيرة ، فإن أنسجتها لا تتوفر فيها سوى إحتمالات ضعيفة جدا للتجدد بعد فقد كمية كبيرة من الخلايا . ويقدر أن عتبة الجرعة للضرر غير المميت تزيد على ٥ غراي ، وأن الجرعة المميتة للنصف (ج م.ه) تبلغ نحو ١٠ غراي . وفي جميع الحالات تبين منحنيات العلاقة بين الجرعة والأثر ميولا حادة (65-68) . ويظهر إلتهاب الرئة المتسبب عن الإشعاع بعد التعرض ببضعة أسابيع أو أشهر . وهو ظاهرة معقدة تتضمن الوذمة oedema ، وموت الخلايا ، والتقشر الخلوي cell desquamation ، وإفراز الفبرين في الحجيرات الهوائية ،

والتغلظ الليفي fibrous thickening لحواجز الحجيرات ، وتغيرات تكاثرية proliferative changes في الأوعية الدموية . وأثره الرئيسي غير المميت الذي يظهر هو التليف الرئوي الناشيء بصورة أساسية من تلف ورد فعل الشعيرات الدموية الدقيقة (الشعيرات والأوردة والشرايين الدقيقة) ، والأنسجة الضامة (67) . ويتأثر تكون الآفات بشدة بمدة التشعع ، وسرعته ، وحجم العضو الذي تعرض للإشعاع . وبعد وقوع حادث نووي ، يمكن إعتبار أن تعرض الرئة يقع منتظماً في الرئة بكاملها . وتسهم الحالة الوظيفية للرئة ، أي التغيرات الناجمة من أمراض أخرى أو عامل السن ، أيضا في الإختلافات الواضحة في تطور الآفات الحادة .

ويقدر أن خطر الوفاة نتيجة تعرض الرئتين يكون موجودا إبتداء من جرعة تقدر بنحو ١٥ غراي يتلقاها العضو بأكمله ، وأن قيمته ج م٥٠ تقع عند ٢٥ غراي تقريبا (66, 76) .

تعــرض الغــدة الدرقيـــة

لا تعتبر الغدة الدرقية عضواً حساساً بنوع خاص لتأثيرات الإشعاع الحادة . وعند إستنشاق نظائر اليود iodine isotopes أو إبتلاعها ، فإنها تتراكم بسرعة في الغدة الدرقية وتستقلب في صورة مركبات يود عضوية قد تستقر في الغدة مدة طويلة تكفي لإحداث تلف موضعي .

وقد تجمعت معلومات كثيرة بشأن هذا الموضوع نظرا لأن الغدة الدرقية تعالج عادة في الطب النووي ، سواء لمعالجة أمراض حميدة أو خبيثة . ويحدث الإنحلال الكامل السريع (خلال أسبوعين) للغدة الدرقية نتيجة جرعة قدرها ٣٠٠ غراي ، يمكن تلقيها في جرعة واحدة من اليود١٣١ ونؤصل للعضو بضع عشرات ميغابيكريل/غرام (69) . ويعزى الضرر بصورة رئيسية لعمليات مناعية ولاستجابات الشعيرات الدموية (68 ,70) ، أكثر منها إلى التأثيرات المباشرة في خلايا الدرقية . وإنحلال الغدة الدرقية لا يبدو أنه يسبب أي إحتمال لاحق لتكون عقيدات حميدة أو خبيثة (71) . والمرضى الذين يعالجون بالمعالجة العادية تستأصل منهم الغدة عادة بالجراحة ويكونون بحاجة إلى تعاطي الهرمونات البديلة .

وبعد تعرض الغدة الدرقية للتشعع الخارجي ، تلزم جرعات تبلغ نحو ١٠ غراي لإحداث حالة قصور سريري في الدرقية (72 ,73) . وقد تؤدي جرعات تقترب من ٣٠ غراي إلى الإصابة بالوذمة المخاطية myxoedema (73 ,74) .

تعــرض الجـــلد

بعد وقوع حادث نووي قد يتعرض الجلد بشكل مباشر أو غير مباشر للترسبات من الغيمة the plume ، التي تسقط على الجلد والملابس أو للترسبات المشعة على الأرض . والواقع أن الجلد لا يتعرض إلا بصورة جزئية لأنه مغطى بالملابس . والمرحلة الأولى لإستجابة الجلد للإشعاع هي الطفح الحمامي erythema ، وتبدأ عند عتبة تقترب من ٣ — ٨ غراي في جرعة وحيدة . وعندما تكون الجرعة مجزأة ، تصبح عتبة الجرعة أعلى كثيرا وقد تصل إلى ٥٠ غراي إذا تساقطت على الجلد على مدى ستة أسابيع (75) . ويترتب على الجرعات التي تتراوح بين ١٢ و٢٠ غراي إلتهاب جلد إشعاعي نضحي exudative

radiodermatitis يتطور غالبا إلى إلتهاب جلدي إشعاعي مزمن مع فرط التقرن hyperkeratosis ، وتوسّع telangiectasia الشعيرات الدموية السطحية والعميقة . وقد تؤدي المرحلة المزمنة إلى التقرح ، وضمور الجلد ، والنخر necrosis .

تعـرض الجنيـن

قد يكون تشعع الجنين fetus والمضغة embryo عاملاً هاماً في نشوء الإعتلالات المضغية embryopathies . وقد يحدث التعرض بالتشعع المباشر للأم والجنين أو بالتلوث الداخلي للأم ، الذي ينتقل فيما بعد إلى الجنين . وليس هناك ما يدل على أن المضغة والجنين يماثلان الأطفال والبالغين فيما يتعلق بالأعضاء والأنسجة الحرجة إزاء التعرض للإشعاع . وعادة ما تختلف الآثار المتلفة في أنسجة المضغة تبعا للإختلاف في درجة الحساسية للإشعاع واختلاف الصورة الأيضية للخلايا . وينطبق ذلك ، على سبيل المثال ، على اليود قبل أن تبدأ الغدة الدرقية نشاطها الكيميائي الحيوي ، والعظم قبل مرحلة التكلس . وتتعلق المشكلات الرئيسية المتصلة بالتأثيرات الماسخة teratogenic بالقرارات الخاصة بالحاجة إلى الإجهاض بعد التشعع .

وتتمثل التأثيرات التقليدية للإشعاع في تطور الثدييات ، في التشوهات الولادية الواضحة ، وتأخير النمو داخل الرحم ، وموت المضغة (75-80) . وهذه التأثيرات لا عشوائية non-stochastic وتوجد عتبة لحدوثها . وهناك تقديرات للحد الأدنى للجرعة التي تحدث التشوهات ، والحد الأدنى للجرعة المميتة ، والحد الأدنى لتأخير النمو ، والجرعة المميتة للنصف (ج م.٥) . وتختلف قيمة ج م.٥ خلال مراحل الحمل ، فتكون منخفضة جدا عقب الإخصاب مباشرة وتصل تدريجيا إلى مستوى الجرعات في البالغين عند إكتمال الحمل (77) ؛ ويقدر أنها تقل عن غراي واحد في اليوم الأول ، ونحو ٢ غراي بعد مرور شهر وفي حدود ٣ — ٤ غراي في الجنين الأكثر تطورا وحتى الولادة . ولم يثبت حدوث تأثيرات ماسخة teratogenic نتيجة لتعرضات قصيرة لجرعات أقل من ١٠٠ مليغراي أثناء الفترة الأولى من الحمل ، لذلك فإنه ليست هناك مبررات طبية لإنهاء الحمل بعد التعرض لمثل هذه المستويات من الإشعاع .

التأثيـرات العشـــوائية

ربما تكون التأثيرات العشوائية stochastic effects جسمية أو وراثية . وقد استعرضت منظمات دولية ووطنية الأنسجة المعرضة للخطر ، وعوامل الخطر لكل نوع من الأنسجة (7 ,46 ,47) . والسرطانات وإبيضاضات الدم leukaemias هي تأثيرات عشوائية جسمية يستنتج عامل الخطر بالنسبة لها (أي معدل حدوث السرطان في عضو أو نسيج معين لكل وحدة جرعة) من الدراسات الوبائية البشرية . وقد تم الحصول على بينات هذه التأثيرات في الإنسان من ملاحظة مجموعات السكان الذين تعرضوا لجرعات كبيرة ، ومن بينهم من بقوا على قيد الحياة بعد تفجير القنبلتين الذريتين في هيروشيما وناغازاكي ، والمصابون بإلتهاب الفقار الرثياني rheumatoid spondilitics الذين عولجوا بالإشعاع ، ورسامو الإعلانات المضيئة . وتتيح الدراسة الوبائية لمجموعات السكان الذين تعرضوا للإشعاع

وضع حد أعلى لخطر حدوث مرض خبيث عند الجرعات الكبيرة في حدود غراي واحد أو أكثر . وقد أعلنت اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات عوامل الخطر الواردة في الجدول ١ بالنسبة للسرطانات والإبيضاضات leukaemias المميتة ، إلى جانب خطر التأثيرات الوراثية في الجيلين الأولين للشخص الذي تعرض للإشعاع (7) .

الجدول ١ ــ عوامل الخطر بناء على توصيات اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات

النسيج	الخطر (لكل غراي)
القند gonads	٤ × ١٠ $^{-٣}$
الثدي	٢,٥ × ١٠ $^{-٣}$
نخاع العظام الأحمر	٢ × ١٠ $^{-٣}$
الرئة	٢ × ١٠ $^{-٣}$
الغدة الدرقية	٠,٥ × ١٠ $^{-٣}$
سطوح العظام	٠,٥ × ١٠ $^{-٣}$
الأنسجة الأخرى	٥ × ١٠ $^{-٣}$
المجموع	١٦,٥ × ١٠ $^{-٣}$

المصدر : **اللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات (7)** .

وتتعلق هذه الطائفة من عوامل الخطر بظروف التعرض السائدة في العمليات العادية . وهي قيم متوسطة لجميع الأعمار وللجنسين ، نظرا لأنه لأغراض الحماية يمكن التوصل إلى مستوى كاف من الدقة باستخدام عامل واحد للخطر بالنسبة لكل عضو أو نسيج . وعلاوة على ذلك ، فإن عوامل الخطر المذكورة قد تم الحصول عليها عن قصد لتعرضات سنوية وصلت إلى عدة عشرات من وحدات مليسيفرت لمكافىء الجرعة الفعالة . وتجدر الإشارة إلى أن عامل الخطر لأعضاء معينة قد يكون أعلى كثيرا في بعض الفئات العمرية تبعا للجنس . وعلى سبيل المثال ، ففي جميع الأعمار ، تكون المرأة معرضة لخطر الإصابة بسرطان الغدة الدرقية بدرجة تساوي ٢ ــ ٣ أضعاف الخطر المناظر في الرجل ، والخطر أكبر لسرطان الثدي ، وبخاصة في حالة التعرض في سن مبكرة . ومن الواضح أن مخاطر التأثيرات الوراثية تتوقف على التركيب العمري لمجموعة السكان المعرضين . ويرجح أيضا أن خطر حدوث أورام خبيثة مميتة يزيد بمقدار الضعف عن المتوسط إذا حدث التشعع للجنين في الرحم أو أثناء الطفولة المبكرة .

لذلك ، فليس من الضروري مراعاة وجود مجموعات سكانية ذات حساسية للإشعاع تختلف عن المتوسط عند التخطيط لمواجهة الطوارىء ، نظرا لأن الخطر لا يتجاوز ٢ ــ ٣ أضعاف القيمة المتوسطة ، حتى في أكثر المجموعات حساسية .

وأهم أعضاء يجب أخذها في الإعتبار في حالة إنطلاق الإشعاعات نتيجة لحادث نووي هي الرئة والغدة الدرقية أولاً ، يعقبهما نخاع العظام الأحمر والعظام نفسها . وقد تم تقدير عوامل الخطر بالنسبة للسرطانات المميتة ، لكن ينبغي للتعبير عن إجمالي الضرر

الصحي حساب معدل حدوث السرطانات غير المميتة أيضا . وقد بدأ جمع معلومات عن الأعضاء أو الأنسجة التي توفر مؤشرات جيدة للتنبؤ (8 ,47-45) . وفي حالة الرئة يمكن القول بأن السرطان يؤدي إلى الوفاة بنسبة ١٠٠٪ ، لكن الوضع يختلف تماما في حالة الغدة الدرقية وذلك لسببين : الأول ، أن العقيدات الدرقية ، التي تظهر عادة بعد ١٠ إلى ٤٠ سنة من التعرض ، قد تكون حميدة أو خبيثة ، وتتراوح نسبة العقيدات الخبيثة بين ٣٠٪ و٤٠٪ من مجموع العقيدات المتسببة عن الإشعاع (72 ,81 ,82) . وفضلا عن ذلك ، فإن معدل الوفاة نتيجة سرطان الغدة الدرقية منخفض نسبياً ، نظرا لأن الأورام تتطور ببطء ، ولأن العلاج ينجح غالبا ؛ ويقدر معدل الوفاة بين حالات سرطان الدرقية التي تعالج بطريقة جيدة بما يتراوح بين ٢٪ و٩٪[أ] . وبينما اتضح أن التشعع الداخلي يؤثر بدرجة أقل من التشعع الخارجي كسبب للعقيدات الحميدة أو السرطانات ، وبخاصة لدى الأطفال ، فإن الأمر يقتضي الحذر وعدم الإعتماد على تقديرات مخاطر التشعع الخارجي في جميع الأحوال . وقد اتضح كذلك أن خطر حدوث سرطان الدرقية نتيجة التشعع أعلى في النساء بمقدار ٢ — ٣ أضعاف (47) . وعلاوة على ذلك ، فإن سرطان الدرقية يحدث بمعدل أعلى كثيرا بين الأشخاص الذين يستهلكون كميات قليلة من اليود بالمقارنة مع الأشخاص الذين يستهلكون كميات عادية منه .

وكما تبين في الفصل الأول ، فإن القرارات المتعلقة بتدابير المواجهة يتعين إتخاذها على أساس المخاطر الفردية التي يجب التعبير عنها ، في حالة التأثيرات العشوائية ، في صورة مكافىء الجرعة .

(أ) Rall, E. Dndocrine Society meeting, Washington, DC, June 1980.



الفصـل الخامس

إختيـــار تدابيـر المواجهـــة

عندما تفلت إنبعاثات من مواد مشعة من كل سيطرة أو ينشأ إحتمال حدوث ذلك ، فإن الوسيلة الوحيدة للحد من تعرض السكان للإشعاعات هي إتخاذ تدابير مواجهة تربك ظروف الحياة العادية . لذلك يجب أن تتناسب هذه التدابير مع طبيعة الخطر وأن تتخذ في الوقت الملائم .

أنـواع تدابيـر المواجهـة

إن تدابير المواجهة التي ينبغي النظر فيها عديدة ومتنوعة (14 ,61 ,83-85) . ويعتمد إختيار التدابير الأنسب أو الأقرب للتنفيذ العملي على خصائص الموقع وظروف الحادث ، بحيث لا يمكن البت فيها إلا على أساس كل حالة على حدة . ويجب أن تكون التدابير مرنة بقدر كاف يسمح بتكييفها لتلائم مختلف الأوضاع ، غير أنه يمكن أن نحدد مسبقا بعض الأوضاع التي تشكل أساساً لتخطيط تدابير المواجهة الممكنة . فينبغي إختيار تدابير المواجهة على أساس فعاليتها في تقليل الجرعة التي يتعرض لها الفرد . وينبغي موازنة المخاطر والصعوبات في تنفيذها مع الخطر الناشيء من مستوى الجرعة المحسوبة للفرد . وبينما يصعب جدا عمل تقدير كمي لهذه المخاطر وللتكاليف الإجتماعية المرتبطة بها ، فإن طرق التنبؤ باحتمالات الضرر الصحي الذي ينجم عن تلقي جرعة إشعاع معينة ، موجودة بالفعل . غير أنه من الواضح أن المخاطر والصعوبات والارتباك والضوائق التي تترتب على تنفيذ تدابير المواجهة تتباين بشدة وتتوقف على المكان ، وعلى المنشأة ، وتحليل التسلسل المحتمل للحادث ، وكذلك على الظروف الجوية وقت وقوع الحادث .

وفيما يلي تدابير المواجهة العشرة الممكنة في حالة وقوع حادث :

- الإيــواء
- إتقـاء الإشـعاعات
- حمايـة الجهـاز التنفسـي
- حمايـة الجسـم
- الإخــلاء

— التطهير الشخصي من التلوث
— النقل إلى أماكن أخرى (إعادة التسكين)
— التحكم في المرور إلى مكان الحادث
— مراقبة المنتجات الغذائية
— تطهير المناطق من التلوث

وكل تدبير من هذه التدابير يلائم بصورة خاصة مسلكا معينا من مسالك التعرض ويكون هو الأفضل في هذه المرحلة أو تلك من مراحل الحادث . ويبين الجدول ٢ التطبيقات الممكنة لتدابير المواجهة تبعا لمرحلة الحادث .

الجدول ٢ — التطبيقات الممكنة لتدابير المواجهة

تدابير المواجهة	المرحلة		
	الأولى	المتوسطة	النهائية
الإيواء	+	±	–
إتقاء الإشعاعات	+	±	–
حماية الجهاز التنفسي	+	–	–
حماية الجسم	±	±	–
الإخلاء	+	+	–
التطهير الشخصي من التلوث	±	±	±
النقل إلى أماكن أخرى	–	+	±
التحكم في المرور إلى مكان الحادث	±	+	±
مراقبة المنتجات الغذائية	–	+	+
تطهير المناطق من التلوث	–	±	+

+ = تنطبق وربما تكون حتمية .
± = تنطبق .
– = لا تنطبق أو تطبق بشكل محدود .

المصدر : **الوكالة الدولية للطاقة الذرية (14)** .

الإيــواء

الإيواء sheltering هو ترك الناس في بيوتهم مع إغلاق الأبواب والنوافذ ووقف أجهزة التهوية . ويفضل أن يتجمع السكان في غرف أو قاعات مركزية مع إستخدام وسائل إرتجالية لحماية الجهاز التنفسي عند اللزوم . ويجدر تقديم نصيحة لهم بالاستماع إلى برامج إذاعية إو تلفزيونية معينة للإطلاع على التطورات . والإيواء هو أحد أبسط تدابير المواجهة من حيث التنفيذ والفائدة وهو لا ينطوي إلا على مخاطر ضئيلة إذا لم يمتد لفترة طويلة .

هذا الحل ملائم لحماية السكان من الإشعاعات الخارجية الصادرة من غيمة الإشعاع plume والترسبات على سطح الأرض ، وكذلك من إستنشاق اليود والضبوبات (87, 86) . ويتيح الإيواء تقليل الجرعات التي تمتصها مختلف أعضاء الجسم الهامة نسبيا ، مثل الرئة ، والغدة الدرقية ، والجلد . غير أنه ينبغي أن يؤخذ في الإعتبار معلمان parameters رئيسيان مترابطان في مجال الإيواء هما : التحجيب shielding وتنظيم التهوية .

ويمكن التعبير عن التحجيب الذي توفره بناية ما لاتقاء الإشعاع الخارجي من النويدات المشعة المحمولة في الهواء أو المترسبة في صورة عامل تحجيب هو نسبة الجرعة المتلقاة داخل البناية إلى الجرعة التي كان يمكن تلقيها في خارج البناية (88) . وكلما انخفض عامل التحجيب كلما زادت الحماية . وواضح أن فعالية الإيواء تعتمد إلى حد كبير على نوع البناية : على سبيل المثال ، فإن الطوابق التي تقع تحت سطح الأرض بأنواعها تؤمن حماية فعالة للعناية من الإشعاعات القادمة من الخارج . وقد حسبت متوسطات عامل التحجيب shielding factor مع مراعاة الاختلافات الاقليمية مثل نسبة المساكن الخشبية ، والمساكن المشيدة بالطوب ، والمساكن التي تتوفر فيها طوابق تحت الأرض من عدمه . وهناك معلم هام آخر لتقدير الجرعة المحسوبة (بدون تحجيب) هو الجزء من الوقت الذي يقضيه السكان المعرضون خارج منازلهم .

وعند إستخدام عوامل التحجيب ، سواء بالنسبة للتشعع من الغيمة أو من الترسبات ، يفترض أن الإيواء sheltering يكون كاملاً قبل وصول الغيمة ، وأن يبقى الأفراد داخل البنايات إما حتى تعبر الغيمة المكان أو حتى يتم نقلهم إلى مكان آخر . وفي حالة النقل ، يقدر التعرض بجمع عاملي تخفيض الجرعة : عامل التحجيب في الوقت الذي يؤوى فيه الأفراد ، وعامل التحجيب الذي قد يستخدم أثناء نقلهم (أنظر عنوان « النقل إلى مكان آخر » في هذا الفصل) .

ويجدر كذلك ملاحظة أن إستخدام متوسطات عامل التحجيب لتقدير الآثار الصحية يترتب عليه تعيين متوسطات الجرعة لجميع الأفراد في منطقة معينة ، وليس توزيع الجرعات الذي يحدث بسبب إختلاف الحماية الناتجة عن التحجيب shielding فيما بين الأفراد (88) . وترد عوامل إرشادية لتخفيض الجرعات في الجدول ٣ .

ومع تنظيم التهوية بطريقة سليمة ، يمكن إعتبار الإيواء sheltering وسيلة لحماية الجهاز التنفسي . ولجعل الإيواء وسيلة فعالة لحماية الجهاز التنفسي ، لابد أن يكون متزامنا مع عبور الغيمة . وتقدر الفائدة التي تعود من تقييد التهوية عن طريق مقارنة جزء الجرعة التي يتم تفاديها مع عدد مرات تجديد الهواء كل ساعة مضروبا في زمن الإنغماس في غيمة الإشعاع (14) . وتحقيق عوامل تخفيض الجرعة في حدود ١,٠ لا يبدو أمر غير معقول . ولابد من إصدار تعليمات لا لإغلاق جميع الأبواب والنوافذ الخارجية وحسب ، ولكن أيضا لإغلاق مراوح التهوية والمهويات ، وإطفاء جميع النيران ، وإغلاق المداخن ومصاريع تهوية أجهزة التدفئة . وحيثما أمكن ، يمكن تقليل معدل التهوية بدرجة أكبر عن طريق وضع طبقات من الورق أو القماش المبلل في شقوق الأبواب والنوافذ . ومن شأن ذلك أن يقلل بدرجة واضحة الجرعة المستنشقة . وبعد عبور الغيمة ، ينبغي أن ينصح الأفراد الذين حجبوا على هذا النحو بأن يبادروا إلى فتح النوافذ والأبواب للتعجيل بإخراج الإشعاعات التي تسربت إلى داخل البنايات .

وتكون المخاطر والأضرار المرتبطة بالإيواء قليلة إذا طبقت لفترات زمنية قصيرة نسبيا ، لا تزيد عن بضع ساعات . وقد يسبب الإيواء لفترة طويلة بدون تخطيط لمدة ١٢ ساعة أو أكثر مشكلات إجتماعية وطبية ومشكلات أخرى ، كما يترتب عليه قلق كبير بسبب الشكوك الحتمية بشأن أماكن وجود أفراد العائلات . ويرجح أن تكون الأضرار المالية قليلة إلا إذا اضطرب النشاط الصناعي . وعند إجبار السكان على البقاء داخل البنايات ينبغي البت بأسرع ما يمكن فيما إذا كان يمكن إنهاء هذا الإجراء بسرعة إو إمكان إتخاذ إجراء آخر مثل الإخلاء evacuation .

الجدول ٣ ـــ متوسط معاملات إنخفاض الجرعة
المنطبقة على التشعع من الغيمة والترسبات
تبعا لنوع المباني

	معامل إنخفاض الجرعة	
	غيمة الإشعاع	الترسبات
موقع خارجي (على إرتفاع ١ متر من سطح الأرض)	١	٠,٧
منزل من الخشب	٠,٩	٠,٤
منزل من الخشب ، الجزء الموجود تحت سطح الأرض	٠,٦	٠,٠٥
منزل من الطوب	٠,٦	٠,٢
منزل من الطوب ، الجزء الموجود تحت سطح الأرض	٠,٤	٠,٠٥
بناية إدارية متعددة الطوابق	٠,٢	٠,٠٢
بناية إدارية ، الجزء الموجود تحت سطح الأرض	—	٠,٠١

المصدر : **الوكالة الدولية للطاقة الذرية (14) ، ألدريخ ، د. س. وزملاؤه (88)** .

إتقاء الإشعاعات

الوقاية من الإشعاعات هي تدبير المواجهة المناسب للوقاية من التشعع الداخلي نتيجة إمتصاص النويدات المشعة radionuclides . والتدخل الوحيد الذي يبدو قابلا للتطبيق عمليا على مجتمعات سكانية بأكملها هو إعطاء جرعات من اليود المستقر stable iodine لإعاقة إمتصاص الغدة الدرقية لليود المشع . وهذا الإجراء يكون فعالاً في حالة إستنشاق وإبتلاع اليود المشع على حد سواء . ولكن يجب في التطبيق العملي إعتباره اجراءً للوقاية من الإستنشاق بصورة أساسية (71 ,89-93 ود. غ. كروكر ، بيانات غير منشورة ، ١٩٨٢) .

وبعد إمتصاص اليود المشع (ى-١٣١) يصل النشاط في الدرقية إلى ٥٠٪ من الحد الأقصى خلال ٦ ساعات وإلى الحد الأقصى خلال يوم أو يومين . وبالتالي ، فإنه لتحقيق أقصى خفض في الجرعة ، يفضل تناول اليود المستقر ، قبل تلقي اليود المشع ، ولكن على أي حال في أقرب وقت ممكن عمليا بعد تلقي الإشعاع . وتعاطي اليود المستقر خلال ٦ ساعات أو أقل بعد تلقي الإشعاع ، يوفر الحماية بنسبة ١٠٠٪ تقريبا ؛ وتبلغ الحماية نحو

٩٠٪ عند تعاطي اليود المستقر في وقت الاستنشاق ، ولكنها تنخفض بسرعة كبيرة إلى ٥٠٪ إذا أخذ بعد نحو ٦ ساعات من الاستنشاق (12 ,14 ,19 ,61 ,71) . لذلك يلزم تعاطي اليود المستقر بأسرع ما يمكن ، على الرغم من أي مصاعب ينطوي عليها هذا النوع من تدابير المواجهة .

ويوصى عادة بإعطاء جرعة وحيدة قدرها ١٠٠ ملغم من اليود المستقر للبالغين ، بيد أن البعض قد أوصى بجرعات أقل . وأكثر الأشكال التي تستخدم شيوعاً هي يوديد البوتاسيوم KI ويودات البوتاسيوم KIO_3 ؛ وتعادل ١٠٠ ملغم من اليود ١٣٠ ملغم من يوديد البوتاسيوم و ١٧٠ ملغم من يودات البوتاسيوم . وكلاهما يوقفان إمتصاص الغدة الدرقية بسرعة وعلى نحو فعال . ويتسم يودات البوتاسيوم KIO_3 بميزة على يوديد البوتاسيوم KI في أنه أكثر ثباتاً وله عمر تخزيني أطول (نحو ١٠ سنوات مقابل سنتين) . والوقف الفوري للإمتصاص مهم للغاية في حالة وجود إنبعاثات من اليود المشع في الحادث . ويلزم تعاطي جرعة تصل إلى ١٠٠ ملغم من اليود المستقر stable iodine لتحقيق إحصاء سريع وكامل في البالغين . وتوقف جرعات أقل تصل إلى ٦٥ ملغم من يوديد البوتاسيوم KI كذلك إمتصاص اليود المشع ، لكن الوقت اللازم لتحقيق الفعالية الكاملة يكون أطول كثيراً (90 ,92 ,94) . ومع ذلك وجد أن هذه الجرعات المنخفضة من يوديد البوتاسيوم فعالة في الأطفال دون سنة واحدة من العمر (14 ,95) . ويعود الإمتصاص إلى الوضع العادي بعد أسبوع واحد من تعاطي جرعة وحيدة قدرها ١٠٠ ملغم من اليود ، بينما يستمر الإحصار الفعال effective blocking لدى تكرار تعاطي جرعات نحو ٥٠ ملغم يوميا (14) . وينبغي ألا يستمر تعاطي اليود المستقر دون داع .يصح إستخدام التدابير بصورة أساسية على أساس إستخدامه مدة قصيرة ، نظرا لأن تعاطي اليود مدة طويلة أمر غير عملي وغير ضروري لأن التعرض بدرجة كبيرة مدة طويلة لليود المشع لا ينبغي حدوثه .

والآثار غير المرغوبة لليود ، وبخاصة ليوديد البوتاسيوم KI معروفة جيدا ، لأن هذه المادة موجودة في منتجات صيدلية وغير صيدلية متنوعة جدا . وآثار يوديد البوتاسيوم KI قد تنقسم إلى آثار درقية وآثار غير درقية . ويقدر معدل الآثار الضارة بين ١ لكل ١٠ مليون و ١ لكل مليون جرعة (71) .

وتتضمن الآثار الدرقية ما يلي :

— الدراق goitre ، مع قصور أو عدم قصور الدرقية ، وأكثر الحالات حدوثا الدراق في حديثي الولادة ؛
— فرط الدرقية hyperthyroidism كأحد مضاعفات زيادة تعاطي اليود في مناطق توطن الدراق ؛ وقد يتفاقم الإنسمام الدرقي من إعطاء كميات من يوديد البوتاسيوم في حدود بضعة ميكروغرامات لمرضى يعانون من العقيدات الدرقية ، مما يؤدي إلى متلازمة جود ــ باسدو (96) ؛
— قصور الدرقية hypothyroidism ، وهو غير عادي في المرضى الذين يعالجون باليود ، على الرغم من وجود تقارير عن حدوثه بمعدل ٢ × ١٠$^{-٣}$ ؛ وتجدر ملاحظة أنه لم يبلغ مطلقا عن حدوث أي وذمة مخاطية myxoedema واضحة سريرياً بعد تعاطي جرعة وحيدة من اليود .

وتتضمن الآثار الجانبية غير الدرقية ما يلي :

- تفاعلات جلدية ، مع تعدد أنواع الطفح الجلدي ، إبتداء من الطفح الخفيف إلى الآفات عُدّية الشكل acneiform lesions ، وقد تتفاقم الحالة لدى الأفراد الذين يعانون من الأمراض الجلدية من مثل العدّ acne ، والإكزيمة ، والصداف psoriasis (97 ,98) . وجميع الحالات الشديدة المسجلة كانت نتيجة تعاطي جرعات كبيرة من يوديد البوتاسيوم ، أكبر كثيرا من الجرعات الموصى بها لوقف إمتصاص اليود المشع بواسطة الغدة الدرقية ؛
- تفاعلات فرط التحسس hypersensitivity ، بما في ذلك الحمى ، والألم المفصلي ، وكثرة الحمضات eosinophilia ؛ وينبغي تعيين الأشخاص المعرضين لهذا التأثير بدرجة خاصة ؛
- آثار متنوعة ، من قبيل نكاف اليوديد iodide mumps (ورم مؤلم) ، تهيج الملتحمة ، الغثيان ، القياء ، والإسهال .

وتحدث هذه الآثار الجانبية في معظم حالات تعاطي اليود اليومي المزمن ، بكميات تزيد كثيرا على الجرعات الموصى بها في حالات الطوارىء الإشعاعية . ويعتبر إستخدام اليود كتدبير مناسب مدة قصيرة إجراء سليماً على الرغم من أن بعض المجموعات السكانية المذكورة فيما يلي تحتاج إلى عناية خاصة :

- الحوامل ، لأنهن معرضات بالفعل للتأثر ، ولضرورة إيلاء إهتمام خاص للجنين . غير أنه ينبغي ألا ينظر إلى الحمل كمانع يعوق إستخدام جرعة وحيدة من اليود المستقر stable iodine .
- الأجنّة ، لأنه يبدو أن تعاطي الأم لليود قد يؤدي إلى زيادة تركيزه في درقية الجنين . ومن ناحية أخرى ، فإن إعاقة إمتصاص الدرقية لليود فعال في الجنين بقدر فعاليته في الأم .
- حديثو الولادة ، لأن إمتصاص درقية حديث الولادة لليود أعلى بشكل واضح منه في البالغين . وعلاوة على ذلك ، فإنه نظراً لأن اليود يتركز في الغدة الثديية ويفرز مع اللبن ، فإن حديث الولادة الرضيع يتعرض لخطر أكبر . غير أنه لا يبدو من المعقول ، على أساس المعلومات المتاحة ، أن يوصى بإدخال أي تعديلات على المعالجة باليود المستقر ، وبخاصة إذا أخذنا في الإعتبار الإحتمالات الكبيرة لحدوث الآثار الضارة التي يسببها اليود المشع في حديثي الولادة .
- صغار الأطفال ، الذين يتعرضون لخطر أكبر مما يتعرض له الكبار نظرا لأن معدل الإمتصاص لكل غرام من النسيج لدى الصغار أعلى ، والنسيج غير الناضج يكون أشد قابلية لحدوث الأورام .
- المسنون ، لأن هناك حالات مسجلة أدى فيها العلاج باليود إلى حدوث فرط الدرقية hyperthyroidism في المسنين .

وينبغي أن يكون بالإمكان تعيين الأفراد الذين يرجح أن يعانوا من مراضة شديدة من هذا النوع من المعالجة الوقائية . ومن ناحية أخرى ، يجب أيضا أن يكون بالإمكان تأمين حصول السكان الذين يرجح تعرضهم بدرجة عالية لإضطرابات الدرقية على معالجة باليود

المستقر . ولتحقيق الفعالية ، يجب التخطيط لتوزيع اليود المستقر . وينبغي أن يتضمن هذا التخطيط معالم متنوعة منها :

— خطط لسرعة توزيع العقار لضمان حصول الأفراد المعرضين على اليود قبيل بدء التعرض ؛
— تخزين امدادات احتياطية ؛
— سبل إبلاغ السكان بالحاجة إلى تعاطي اليود وأساليب عمل ذلك ؛
— خطط لتجديد مخزونات العقار .

وقد يكون من المستصوب في المناطق التي يوزع فيها اليود المستقر stable iodine تقديم المشورة الطبية بشأن إحتمالات حدوث الآثار الجانبية ، والتشديد على الحاجة إلى إستمرار الإتصال بالمسؤولين الطبيين ، وعدم إعطاء أكثر من جرعة واحدة للفرد الواحد .

وفي حالة تنفيذ عمليات إخلاء evacuation سريعة ، لا يلزم إستخدام اليود المستقر . فالإخلاء يكون أكثر التدابير فاعلية لتجنب تعرض الدرقية ، وله أهمية خاصة للمجموعات الأكثر تعرضا (الحوامل ، حديثي الولادة ، الأطفال ، الخ) ، ولكن لا يمكن تطبيقه إلا إذا كان هناك وقت تحذير كافٍ .

وفي حالة إنطلاق إنبعاثات من اليود المشع ، فإن إعاقة إمتصاص الدرقية لليود توفر حماية من اليود المشع فقط ، وليس لها أي تأثير ضد التشعع الخارجي للغدة بالنويدات المشعة radionuclides الأخرى . وينبغي موازنة فعالية وتكلفة هذا التدبير مع فعالية وتكلفة تدابير المواجهة الأخرى ، من قبيل الإيواء ، وحماية الجهاز التنفسي ، والإخلاء .

حماية الجهاز التنفسي

يمكن توفير الحماية للجهاز التنفسي باستخدام أساليب بسيطة مثل مناديل اليد ، والمناديل الورقية ، ومناشف المطبخ ، والقماش وأي أشياء لتغطية الفم والمنخرين . ويمكن زيادة فاعلية هذه المواد بترطيبها ، نظرا لأن الأقمشة الجافة أقل فاعلية في ترشيح اليود من الأقمشة الرطبة . وقد وجد أن الأقمشة القطنية العادية ، لدى إختبار قدرتها على ترشيح الضبوبات aerosols والغازات والأبخرة (بما فيها اليود ويوديد المثيل) ، تقلل التركيز بمعامل قدره ١٠ أو أكثر إذا كان حجم الجسيمات يتراوح بين ٠,٤ ميكرومتر و٥ ميكرومتر (100, 99, 14) . ويجب أن يعمد الأفراد إلى حماية الجهاز التنفسي لدى دخول المآوي shelters ، وربما أثناء وجودهم في الداخل إذا لم يمتد هذا الإجراء لفترة طويلة ، وبلا شك أثناء عملية الإخلاء في الوقت الذي لا تزال توجد فيه غيمة الإشعاع plume في الهواء .

وإستخدام طرق أكثر تعقيدا ، كالأقنعة وأجهزة التنفس غير عملي بالنسبة للجمهور ، وقد يطبق في حالة المجموعات الخاصة المشتركة في عمليات الإغاثة ، مثل فرق الإنقاذ ، والشرطة ، ورجال المطافىء ، الذين يتعين عليهم التدريب على إستخدامها .

حماية الجسم

حماية الجسم مناسبة للجلد والشعر ، والغرض منها تفادي ترسب المواد المشعة وامتصاصها . ويمكن توفير هذه الحماية باستخدام أي ملبوسات ، مثل القبعات ، وأغطية الرأس ، والمعاطف الواقية من المطر ، والسترات المقلنسة anoraks ، والقفازات ، والأحذية عالية الساق . وينبغي أن يستخدمها الأفراد لدى ذهابهم إلى المآوي shelters وأثناء الإخلاء

من منطقة ملوثة . وينبغي إستخدامها كذلك في حالة تعذر إتمام عمليات الإخلاء بسبب إستمرار وجود غيمة الإشعاع plume . وينبغي أن يقتصر إستخدام الملبوسات الواقية الأكثر تعقيدا على المشتركين في عمليات الإغاثة (15) . ونظرا لأن الأمر يتعلق هنا بمجموعات متخصصة صغيرة ، فإن تكلفة هذا الإجراء تكون قليلة نسبيا ولا ينطوي على أي مخاطر .

الإخــــلاء

إن الإخلاء evacuation الذي يتمثل في سرعة نقل مجموعة سكانية لتجنب أو تقليل تعرضها للإشعاع هو إجراء مناسب للحماية من التعرض الخارجي للغيمة والترسبات ، ومن التعرض الداخلي عن طريق إستنشاق النويدات المشعة radionuclides المعلقة في الجو (60, 38, 25) . ويسبب هذا الإجراء أكبر إضطراب ، وهو أكثر الإجراءات صعوبة في التنفيذ . ولذلك يفضل عدم اللجوء إليه إلا عند الضرورة القصوى ، على سبيل المثال لتجنب حدوث تراكم خلال فترات قصيرة لجرعات تؤدي إلى تأثيرات لا عشوائية non-stochastic ، وكذلك عدم تطبيقه بقدر الإمكان إلا على مجموعات صغيرة من الأشخاص الذين يقيمون في أماكن مجاورة مباشرة للمنشأة النووية . وفي حالة ما إذا كان عدد السكان المجاورين للمنشأة كبيراً ، يكون اجلاؤهم أكثر صعوبة وعلى أي حال ، فإنه يفضل اللجوء إلى الإيواء السريع لأنه يسمح بإبقاء السكان تحت المراقبة .

والإخلاء هو أنسب أسلوب في المرحلة الأولى بالنسبة للمجموعات القريبة من الموقع وتترتب عليه حماية كاملة من غيمة الإشعاع إذا توفر وقت كاف للتنبيه قبل إنطلاق الإنبعاثات . فإذا كان توقيت الإخلاء غير مناسب فإنه قد يؤدي إلى مرور الناس في غيمة الإشعاع وتعريضهم لجرعات أكبر كثيرا مما لو كان قد طلب منهم الإختباء في مأوي . ويمكن أن يكون الإخلاء فعالا في المرحلة المتوسطة ، سواء كان الإيواء قد طبق كوسيلة لتقليل الجرعة من الترسبات أم لم يطبق .

والصعوبة الرئيسية التي تواجه لدى البت فيما إذا كان ينبغي إجلاء بعض المجموعات السكانية أم لا هي موازنة مخاطر التعرض في حالة عدم إجلائهم مع المخاطر التي ينطوي عليها الإخلاء نفسه . وينطوي الإحتمال الأول على أخطاء حتمية بسبب عدم التأكد من تطور الحادث ، ومقدار وطبيعة مصادر الإشعاع ، وإحتمالات تغير الأحوال الجوية (مثل هبوب الرياح أو سقوط الأمطار أو الثلوج) . وتختلف المعالم التي يتعين بحثها وتتباين في أهميتها (101-105) :

- خصائص الحادث نفسه .
- الظروف الإجتماعية الديمغرافية : عدد الأشخاص الذين يتعين إجلاؤهم ، وتوزيعهم العمري ، ووجود معوقين أو مرضى أو طريحي فراش وعددهم ، ووجود وكثافة أي منشآت تمثل صعوبات خاصة ، كالمصانع والمستشفيات وعيادات الأمومة ومؤسسات العجزة .
- الأحوال الجوية .
- توقيت إعلان الإنذار خلال اليوم .

— الظروف الجغرافية ، كوجود أو عدم وجود شبكة طرق أو سكك حديدية ملائمة لعمليات الإخلاء .
— توفر مراكز لإعادة تسكين السكان المنقولين على أن يكون موقع هذه المراكز ملائما من الناحية الجغرافية .

وعلى الرغم من قلة الخبرة في مجال إجلاء مجموعات كبيرة من الناس ، يمكن إعطاء فكرة عامة عن إمكانية تنفيذه وسرعته (106-111) . وتوحي الخبرة المكتسبة في أمريكا الشمالية أن المخاطر المرتبطة بالإجلاء قليلة ، على الرغم من أن ذلك قد لا ينطبق على الوضع في بلدان كثيرة أخرى (108) . وقد اتضح أنه من الخطر إستخدام بيانات عادية من حركة المرور البري لتقييم مخاطر الإجلاء ، نظرا لأن ظروف القيادة وسلوك السائقين تكون مختلفة جدا (110) . وقد تقل المخاطر الصحية المرتبطة بحوادث حركة المرور البري إذا كان الإجلاء جيد التنظيم . ولابد من دراسة المخاطر الصحية الأخرى ، وبخاصة المخاطر المرتبطة بإجلاء مجموعات خاصة مثل مرضى المستشفيات والعيادات (بمن فيهم المرضى بأمراض نفسية) والسجناء . ويتطلب الأمر تقدير العواقب الإجتماعية الإقتصادية على أساس الظروف الإقليمية .

وعلاوة على ذلك ، يتعين لكي يكون التقييم كاملاً حساب المخاطر التي تنطوي عليها عودة السكان للمناطق التي سبق إخلاؤها . ويفترض أن تكون هذه المخاطر أقل كثيرا من مخاطر الإجلاء ، نظرا لأنه يمكن تنفيذ العودة إلى المنازل في أفضل الظروف ، وفي مواعيد متعاقبة ، وأن يخطط جيدا على أي حال . وتجري أعمال الإخلاء باستخدام المركبات ذات المحركات ، ويفضل إستخدام وسائل النقل العامة . وينبغي عدم تشجيع الإجلاء الذاتي self-evacuation بقدر الإمكان . وينبغي التخطيط للإجلاء على نحو جيد ، لكل قطاع على حدة ، لتجنب أي اختناقات في حركة المرور . وسيرفض أناس كثيرون الإجلاء ، مما يسبب إرتباكا . ويجب توخي عناية خاصة لعدم تفريق أفراد العائلات.. وقد أوصي أحيانا بأن يتم إجلاء بعض المجموعات الصغيرة فقط من بين السكان المعرضين ، مثل الحوامل ، وأطفال المدارس ، ومرضى المستشفيات ، وكان التمييز يقوم على معيار التعرض لأعلى خطر من الإشعاع (106, 112, 113) . ويجب تفادي إتخاذ قرار من هذا النوع حيثما أمكن ، نظرا لأنه يسبب إرتباكا وفوضى في بعض الأحيان ، وسيبدو دائما غير رشيد في نظر الناس .

والإعتبارات الإجتماعية والإقتصادية للإخلاء لها وزن كبير في إتخاذ القرارات . وتختلف التكلفة الإجتماعية كثيرا تبعا لما إذا كان السكان المعنيون في مناطق ريفية ، أو زراعية ، أو حضرية ، أو صناعية ، أو تجارية أو مسكنية . وفي حالة السكان الزراعيين ، وهم أرجح فئة في المناطق المجاورة مباشرة للمنشآت النووية ، قد يسبب قرار الإخلاء ولو لفترة قصيرة قلقا بسبب الحاجة إلى الإهتمام بحيواناتهم . وستترتب تكلفة عالية بالنسبة للصناعة المحلية التي تتأثر بإخلاء ممتد لفترة طويلة . وفي كلتا الحالتين ، ينبغي أخذ الخسائر الإجتماعية الإقتصادية في الإعتبار لدى تحليل القرارات ، على الرغم من صعوبة تقديرها .

وختاما ، فإن التكلفة الإجتماعية للإخلاء قد تكون مرتفعة ، وعلى الرغم من صعوبة تقدير المخاطر التي ينطوي عليها فإنه ينبغي ألا يتخذ قرار تطبيق هذا الإجراء باستخفاف بل يجب أن يستند إلى تقديرات سليمة للجرعات المرجح تلقيها .

وهناك مشكلة أخرى ترتبط بقرار الإخلاء هي صعوبة إختيار معايير العودة إلى المناطق التي سبق إخلاؤها . ويراعى إيلاء الإهتمام لضرورة قيام سلطات الصحة العامة بأسرع ما يمكن بتعيين المناطق التي لا تزال توجد بها إشعاعات ضعيفة مترسبة على الأرض . ولا بد من التشديد على أن العودة إلى منطقة سبق إخلاؤها قد تؤدي إلى حدوث مشكلات نفسية كبيرة (أنظر الفصل السادس) .

التطهير الشخصي من التلوث

لا يلزم التطهير الشخصي إلا في حالة إكتشاف تلوث الجلد أو الإشتباه في هذا التلوث . وعموما تكفي المرشات العادية للتطهير الشخصي . وفي حالة كثرة أعداد الناس المطلوب إزالة التلوث منهم وعدم كفاية المرشات ، قد يكفي نزع الملابس الخارجية بعناية ثم غسل اليدين والوجه وربما الشعر . وقد تكون للتطهير الشخصي أهمية قصوى بالنسبة للأشخاص الذين كانوا خارج المباني أثناء عبور غيمة الإشعاع ، نظرا لأن تلوث الجلد وخصوصا الشعر يسهم بجرعة كبيرة . غير أنه يجب ألا يعتبر هذا الإجراء بديلا لأي تدبير مواجهة آخر ، مثل الإخلاء .

النقل إلى أماكن أخرى (إعادة التسكين)

يعرّف النقل إلى أماكن أخرى بأنه الإخلاء التدريجي لمجموعات من السكان في ظروف أقل إلحاحاً مما يستلزم معه إخلاؤهم بمعنى الكلمة . ويطبق هذا التدبير عند وجود إحتمال أن يؤدي التعرض إلى تراكم جرعات عالية بعد إنتهاء إنطلاق الإشعاعات وعندما يكون هناك تشعع خارجي من الترسبات على الأرض . وفي حالة الحادث الذي يقتضي إخلاء ونقل السكان إلى أماكن أخرى على حد سواء في منطقتين متحدتي المركز concentric areas ، يتعين تنسيق هذه الإجراءات بصورة محكمة لضمان الإنصاف في تطبيق تدابير الصحة العمومية على مجموعتي الأشخاص خلال مرحلة العودة إلى المكان الأصلي . ويكتسب ذلك أهمية خاصة نظرا لأنه في معظم الحالات يستغرق تعيين المناطق المتأثرة والبدء في تنفيذ عمليات النقل بعض الوقت . ويجب أن يتم تقدير الجرعة المتلقاة عند إجراء عمليات النقل مع تقدير الجرعة المتلقاة أثناء الإيواء sheltering نظرا لأن السكان ينقلون بعد أن يكون قد تم إيواؤهم .

التحكم في المرور إلى مكان الحادث

إن التحكم في المرور إلى مكان الحادث يسمح بتفادي الزيادة في عدد الأشخاص المتأثرين بالحادث ، ويقلل العوائق أمام عمليات الإغاثة التي تجرى في المناطق المتضررة في مرحلة الحادث الأولى . وسيظل التحكم في المرور إلى مكان الحادث ضرورياً في الأجل الطويل أيضا في المناطق التي تكون الأرض فيها ملوثة بشدة . ومن المميزات الأخرى لهذا الاجراء أنه يكفل عدم نقل أي مواد ملوثة بدون ترخيص إلى أماكن نظيفة أثناء المراحل التالية للحادث . وتتصل صعوبات هذا التحكم بصورة أساسية بتطبيقه . وهذا يؤكد الحاجة إلى التنسيق بين السلطات المسؤولة .

مراقبة المنتجات الغذائيـــة

قد تتضمن مراقبة الأغذية حظر أو تقييد إستهلاك مواد غذائية معينة ، كالحليب ، والخضراوات ، والماء . ولا يرجح بعد إنطلاق إنبعاثات مشعة في الجو أن يكون الماء ملوثا بدرجة تستلزم حظر إستعماله . وفي حالة وجود مصادر مائية مكشوفة ، يتعين حساب الجرعات للتحقيق مما إذا كان الماء صالحاً للإستهلاك . ويمكن إعدام الخضراوات ، وفي حالة إستخدامها كعلف للحيوان يراعى ألا يكون لها تأثير غير مباشر في الإنسان . ويمكن تحويل بعض المواد الغذائية مثل الحليب ومنتجات الألبان إلى إستعمالات مؤجلة delayed use . وينبغي ألا يخفف الغذاء الملوث بخلطه بأغذية غير ملوثة ، إذ لا يرجح أن يقبل المستهلك الأغذية الناتجة عن هذا التخفيف حتى إذا كان الخطر الإشعاعي فيها منخفضا بدرجة كبيرة .

وفي حالة الماشية ، يمكن تقليل تلوث لحمها ومنتجات الألبان الناتجة منها عن طريق تغذيتها بعلف مخزون ، وبمنعها بأسرع ما يمكن عن الرعي .

تطهيـر المناطق من التـلوث

يمكن تطهير المناطق عن طريق الغسيل أو الكنس بالشفط vacuum-sweeping . ويطبق ذلك على الطرق ، وسطوح المباني والمعدات . وتطهر الأرض الزراعية بحرثها أو بإزالة الطبقات السطحية من التربة أو تثبيت الملوثات fixing the contamination . ويطبق إجراء التطهير في المراحل المتأخرة من الحادث بهدف تقليل التشعع الخارجي من المواد المشعة المترسبة ، وتقليل التشعع الداخلي من إستنشاق المواد المشعة المعلقة في الهواء .

وهناك مشكلات تتصل بالتطهير نظرا لأنه إجراء مكلف وينتج منه كميات كبيرة من النفايات المشعة التي يتعين التخلص منها . وقد يثير تطهير المباني والطرق عدداً من المشكلات الصعبة ، وقد تؤثر الأحوال الجوية في فاعلية هذا الإجراء وإمكانية تنفيذه .

معايير الإختيـار بين الحـــلول

فيما يلي الإعتبارات التي تؤثر في إختيار تدابير المواجهة في أعقاب حادث نووي :

- مرحلـة الحـادث ،
- حجم المواد المنطلقـة ،
- مكـونات الإنبعاثات ،
- الظروف السائدة وقت وقوع الحادث ،
- سبل التعرض المرتبطة بكل مصدر .

ويبين الجدول ٤ السيناريوهات الرئيسية وتدابير المواجهة المناسبة . وليست هذه التدابير هي ما يوصى به ، وإنما هي مجرد تدابير ينبغي بحثها ويبدو أنها قابلة للتطبيق المادي . وهناك بعض الملاحظات فيما يتعلق بهذا الجدول .

لا تمثل السيناريوهات المعروضة كل ما يمكن أن يتصوره المرء : وماهي إلا السيناريوهات الأهم والأكثر إحتمالا . وقد رتبت السيناريوهات وتدابير المواجهة المتعلقة بها ترتيبا زمنيا تبعا لمرحلة تطور الحادث .

وتنقسم فئات الإنبعاثات التي ينبغي بحثها إلى مجموعتين : إنبعاثات فورية ، وإنبعاثات

الجدول ٤ ــ السيناريوهات الأكثر إحتمالا
وأنسب تدابير مواجهتها

مرحلة الحادث	نوع الإنبعاثات	مكونات الإنبعاثات	مصادر التعرض	مسالك التعرض	المخاطر المطلوب تجنبها	تدابير المواجهة المناسبة
الأولى	متغيرة	متغيرة	غرفة إحتواء المفاعل	تشعع خارجي (الجسم بأكمله)	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	الإجلاء[أ]
الأولى	فورية ولفترة قصيرة	غازات خاملة	الغيمة	تشعع خارجي (الجسم بأكمله)	في الأفراد ، عشوائية. و لا عشوائية	الإيواء (أولوية أولى)
الأولى	فورية ولفترة قصيرة	يود	الغيمة ، ترسبات على جسم الإنسان	تشعع داخلي بالإستنشاق ،تشعع خارجي ، تشعع داخلي بالإمتزاز	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	حماية الجهاز التنفسي ، حماية الجسم ، الإيواء ، يوديد بوتاسيوم ، التطهير الشخصي
الأولى	فورية ولفترة طويلة	غازات خاملة	الغيمة	تشعع داخلي	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	الإيواء ، التحكم في المرور

الأولـى	فـورية ولفتـرة طويلـة	يــود	الغيمـة ، ترسبات على جسم الإنسان	تشعع داخلي بالإستنشـاق تشـعع خارجـي تشـعع داخلـي	في الأفـراد ، عشـــوائية و لا عشـــوائية	حماية الجهاز التنفسي ، حماية الجسم ، الإيواء ، يوديد بوتاسيوم ، الإجلاء(أ) التطهير الشـخصي
الأولـى	متـأخرة ولفتـرة قصيــرة	غـازات خاملـة	ربما الغيمــة	تشــعع خارجي	في الأفـراد ، عشـوائية و لا عشـــوائية	الإيـواء ، التحكـم في المرور
الأولـى	متأخرة ولفتـرة قصيـرة	يـــود	ربما الغيمــة	تشـعع داخلي بالإسـتنشـاق	في الأفـراد ، عشـــوائية و لا عشـــوائية	الإيواء ، التحكـم في المرور ، يوديد بوتاسيوم ، الإجلاء(أ)
الأولـى	متأخرة ولفتـرة طـويلـة	غـازات خاملـة	ربما الغيمــة	تشـعع خـارجي	في الأفـراد ، عشـــوائية و لا عشـــوائية	الإيـواء ، التحكـم في المـرور
الأولـى	متأخرة ولفتـرة طويلـة	يــود	ربما الغيمــة	تشـعع داخلي بالإسـتنشـاق	في الأفـراد ، عشـــوائية و لا عشـــوائية	الإيــواء ، التحكـم في المرور ، يوديد بوتاسيوم ، الإجلاء(أ)
المتوســطة	متغيــرة	متغيــرة	حمايــة المفاعــل	تشعع خارجي	في الأفـراد ، عشـــوائية	الإجــلاء ، النقل إلى أماكن أخرى(أ)

المتوسطة	لمدة قصيرة	يود	ترسبات على الأرض	تشعع خاحى	في الأفراد ، لا عشوائية	الإجلاء ،(أ) النقل إلى أماكن أخرى
			سلسلة التغذية	تشعع داخلي بالابتلاع	في الأفراد ، عشوائية	مراقبة الأغذية
المتوسطة	لمدة قصيرة	نواتج إنشطار	ترسبات على الأرض	تشعع خارجي	في الأفراد ، لا عشوائية	الإجلاء(أ)
			طويلة العمر		في الأفراد ، عشوائية	النقل إلى أماكن أخرى
المتوسطة	لفترة طويلة	غازات خاملة	الغيمة	تشعع خارجي	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	الإجلاء(أ) ، النقل إلى أماكن أخرى
المتوسطة	لفترة طويلة	يود	الغيمة	تشعع داخلي بالاستنشاق	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	يوديد بوتاسيوم ← النقل إلى أماكن أخرى
			ترسبات على الأرض	تشعع خارجي	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	النقل إلى أماكن أخرى
			سلسلة التغذية	تشعع داخلي بالإبتلاع	في الأفراد ، عشوائية	مراقبة الأغذية

المتوسطة	لفترة طويلة	نواتج إنشطار طويلة العمر	الغيمة	تشعع داخلي بالإستنشاق	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	النقل إلى أماكن أخرى
			ترسبات على الأرض	تشعع خارجي	في الأفراد ، عشوائية و لا عشوائية	النقل إلى أماكن أخرى
			سلسلة التغذية	تشعع داخلي بالإبتلاع وتعلق الترسبات من التربة بعد سقوطها	في الأفراد ، عشوائية	مراقبة الأغذية ، النقل إلى أماكن أخرى
النهائية	لفترة قصيرة أو طويلة	يود	سلسلة التغذية	تشعع داخلي الإبتلاع	عشوائية	مراقبة الأغذية
النهائية	لفترة قصيرة أو طويلة	نواتج إنشطار طويلة العمر	ترسبات على الأرض	تشعع خارجي	عشوائية	تطهير المناطق
			سلسلة التغذية	تشعع داخلي بالإبتلاع أو تعلق الترسبات من التربة بعد سقوطها	عشوائية	مراقبة الأغذية تطهير المناطق

(أ) لمسافات قصيرة ولمجموعات صغيرة فحسب .

متأخرة ، ويمكن أن تستمر كل فئة منها فترة قصيرة أو طويلة . ولذلك تنشأ أربعة أوضاع هي :

- إنبعاثات فورية تستمر لفترة قصيرة ؛
- إنبعاثات فورية تستمرة لفترة طويلة ؛
- إنبعاثات متأخرة تستمر لفترة قصيرة ؛
- إنبعاثات متأخرة تستمر لفترة طويلة .

وتتوقف تدابير المواجهة على تشكيلة النظائر في المواد المنطلقة ، وقد اختيرت ثلاث حالات نموذجية : غازات خاملة فقط ، غازات خاملة ويود ، نواتج انشطار طويلة العمر .

وتختلف مصادر التعرض ، ولكن ربما تكون من بين المصادر التالية :

- تشـعع مباشر من المفاعـل ،
- غيمـة الإشـعاع ،
- ترسـبات على جسـم الإنسان ،
- ترسـبات على سـطح الأرض ،
- عودة المواد المشـعة إلى التعلق في الهواء من التربة الملوثة ،
- السـلسـلة الغذائية .

وفيما يلي مسالك التعرض موضع النظر :

- التشـعع الخارجي للجسم بأكمله ؛
- التشـعع الداخلي للغدة الدرقية بعد إستنشاق نويدات مشعة radionuclides ؛
- التشـعع الداخلي للرئتين بعد إستنشاق نويدات مشـعة ؛
- التشـعع الداخلي للعظام والنخاع بعد إستنشاق نويدات مشـعة ؛
- التشـعع الداخلي للجسم بأكمله بعد إستنشـاق نويدات مشـعة ؛
- التشـعع الداخلي للغدة الدرقية بعد إبتلاع نويدات مشـعة (عن طريق الأكل أو الشرب) ؛
- وأخيرا ، التشـعع الداخلي لمختلف الأعضاء بعد إبتلاع نواتج إنشطار طويلة العمر .

ويتوقف إختيار تدابير المواجهة على :

- الرغبة في تجنب المخاطر اللا عشوائية non-stochastic التي تواجه الأفراد ؛
- الرغبة في تقليل المخاطر العشـوائية stochastic التي يتعرض لها الأفراد .

ويمكن تيسير تعيين وإختيار التدابير المناسبة في أي وضع بعينه بالإستعانة ببرامج محوسبة مُعَدّة مسبقاً ومصممة لتقييم الخصائص المرجحة للحادث وتطوره . ويمكن تأسيس تخطيط إختيار التدابير التي يتعين إتخاذها على وصف الظروف التي تتعلق بالوضع الفعلي لكل حالة (**23, 26, 84, 103, 104, 114, 115**) .

الفصل السادس

التأثيرات النفسية الإجتماعية

إن الخبرة المكتسبة من الحوادث النووية المدنية تدفع إلى التفكير في أنه يتعين إعلام الأشخاص المعرضين لأن يكونوا بين الضحايا بالتدابير التي تتخذ لحماية النفس . وإذا علم هؤلاء أنه قد تم بالفعل إتخاذ تدابير المواجهة بنجاح ، أصبحوا أقل قلقا وإضطرابا من الناحية النفسية . وينبغي كذلك إعلام الأطباء والمساعدين الطبيين ، وموظفي الطوارىء والإنقاذ ، وكذلك السكان ، وبخاصة منهم الذين يعيشون بالقرب من المنشآت النووية ، بالحوادث النووية المحتملة التي قد تسبب مخاطر إشعاعية بالنسبة لصحتهم وسلامتهم . وهكذا ، على سبيل المثال ، أصدرت وكالة مواجهة الطوارىء في مقاطعة دوفين نشرة بعنوان : **جزيرة ثري مايل أيلند ـــ معلومات عن الطوارىء لمقاطعة دوفين** . ولابد من التشديد على أن هذه الأوضاع تختلف كلية عن الأوضاع المتصلة بأحداث هيروشيما وناغازاكي ، وكذلك بحادث جزيرة مارشال .

طبيعة المشكلة

تشبه تفاعلات الفرد النفسية تجاه الإشعاع تفاعلاته إزاء الأمراض أو الإصابة الخطيرة . وهذه التفاعلات ترتبط بما يلي :

- عدم إمكانية كشف الإشعاعات بحواس الإنسان ؛
- مقارنة تأثيرات القنابل الذرية (بما في ذلك الإنفجار والحريق) مع إمكانية حوادث محطات القوى النووية ؛
- تضارب المعلومات المنشورة عن الحوادث النووية ، على سبيل المثال في جزيرة ثري مايل أيلند (**116-118**) ؛
- عدم كفاية المعلومات ، مما يؤدي إلى تدخلات غير منطقية من جانب السلطات العامة ويسبب قلقا في غير محله لدى الأفراد .

مواجهة المشكلة

ينبغي مراعاة أن القلق الذي يصيب السكان المجاورين للمنشآت النووية يمثل أثرا صحيا فعليا للحوادث النووية ، على الرغم من أنه قد لا يتناسب بالضرورة مع حجم إنبعاث إشعاعي عرضي محتمل أو مع التعرض للإشعاع الناجم عنه . ولذلك يجب إعتباره ضمن مشكلات الصحة العمومية التي يجب مراعاتها لدى تخطيط التدخلات في حالة الحادث النووي . ويجب أن يستند هذا التخطيط إلى التحطيط الموضوع والمنفذ في حالة الأخطار المحتملة الأخرى التي تمثلها البيئة . ووجود خطة يشكل في حد ذاته تدبيرا لوقاية السكان من إضطرابات نفسية مفرطة .

الإستعدادات المسبقة

يجب إعلام الجمهور بمواقع وتشغيل المنشآت النووية . وينبغي تنظيم التثقيف والتدريب في نطاق المنطقة التي تشملها خطة الطوارىء وخارج هذه المنطقة في آن واحد معاً ، وينبغي أن يستهدفا العاملين الصحيين (119) ، والمسؤولين عن حالة الطواريء (120) ، والسكان والموظفين العموميين (121) . وبينما يختلف مستوى العرض presentation بالضرورة تبعا للمجموعة المستهدفة ، فإنه يتعين أن تتضمن الموضوعات التي تناقش طرق قياس الإشعاعات (41-43) ، وتأثيراتها المتأخرة والسريعة (49 ,50 ,59 ,62) ، وكذلك طبيعة تدابير المواجهة وفعاليتها ؛ وينبغي كذلك توزيع مواد التدريب ، ونشرات إعلامية ومواد سمعية بصرية للتعلم الذاتي ، إلى جانب تنظيم التدريب على إنذارات وهمية (122 ,123) .

وأخيرا ، يتعين وضع خطط لتوصيل المعلومات إلى السكان .

تنفيذ الخطة

لابد أن يُكفل قدر من المرونة في تطبيق الخطة للسماح بمواجهة الأوضاع المختلفة .

ويجدر كذلك الإستعداد لتقديم مساندة نفسية خاصة عند الحاجة ، ولاسيما للمشتركين في أعمال التدخل ، وللسكان المتجمعين في مراكز الإجلاء ، والمرضى الذين يعانون أصلاً من مشكلات نفسية .

الإجراءات التي يتوخى إتخاذها بعد الحادث

ينبغي أن ينظم تثقيف مكثف عن عمليات محددة للعودة إلى الحياة الطبيعية وعن إحتمالات ظهور تأثيرات صحية بعد الحادث .

ويجب إعادة مهمة علاج المشكلات النفسية للقنوات العادية .

وينبغي إجراء تحليل متابعة لمعرفة أداء خطة الطوارىء بغية تحسين المعالجة النفسية في المستقبل للسكان المتأثرين بالحوادث النووية .

تقبل الجمهور للخطط

لا يقتصر وضع خطة طوارىء تفصيلية كتلك المعروضة عناصرها في هذا الكتاب على الحوادث النووية وحدها ، لكن تقبل الجمهور للخطط يمثل أحيانا في هذه الحالة مشكلة نفسية يمكن التخفيف منها بالإصرار على دمج هذه الخطة في خطط الطوارىء الأخرى الموضوعة لمواجهة حوادث طبيعية أو صناعية ، على سبيل المثال حوادث الصناعة الكيميائية أو البتروكيماوية .

وتجدر الإشارة كذلك إلى أن خطط الطوارىء النووية تتضمن تدابير متنوعة ، تتراوح بين الإجراءات البسيطة ، مثل البقاء في المنزل وإغلاق النوافذ ، والتدابير الأشد قسوة ، من قبيل إجلاء السكان ، وأن إحتمال اللجوء إلى مثل هذه الإجراءات الشديدة يظل ضعيفاً .

الفصل السابع

إختيار المستويات المرجعية

مبادىء توجيهية عامة

لا يوجد إختلاف جوهري بين فلسفة إتخاذ القرارات في الطوارىء النووية والأنواع الأخرى من الطوارىء . ففي جميع الحالات تتوفر لدى الأفراد الذين تقع عليهم مسؤولية إتخاذ القرارات معلومات محددة ، وإفتراضات ، ودراية ببعض العواقب المؤكدة أو المحتملة للحادث ، وخياران أو أكثر لهم أن يختاروا من بينها .

ويتم التوصل إلى قرارات تطبيق إجراءات المواجهة بعد تحليل تجرى فيه مقارنة قيمة الجرعة المتجنبة the dose avoided (أي فعالية تدبير المواجهة) وإجمالي تكلفة التدابير . والمشكلة العامة التي تفرض نفسها مباشرة هي أن نتائج التحليل ستختلف في كل حالة ، تبعا لعوامل منها تعداد السكان ، والوضع البيئي ، والظواهر الجوية والتسلسل الزمني للحادث . وعلاوة على ذلك ، فإنه لما كانت لكل تدبير من تدابير المواجهة جوانبه الإيجابية والسلبية ، فإنه لابد أن يكون كل من هذه/التدابير موضوع قرار خاص به .

وقد رأينا أن القرارات ستعتمد ، من وجهة النظر الإشعاعية ، على إسقاطات الجرعة المحسوبة للأفراد . وسيعتمد مستوى الجرعة المحسوبة التي يطبق فيها أي تدابير بعينه على موقع الحادث ، والمنشأة ، وعلى تحليل التسلسل المحتمل للأحداث . وقد رأينا أيضا أنه ينبغي أن تكون هناك مرونة كافية في تطبيق تدابير المواجهة بحيث يمكن تكييفها لتتلاءم مع المجموعات السكانية المعرضة ومع كل الظروف السائدة في المنطقة وقت وقوع الحادث . وعلاوة على ذلك ، ينبغي كذلك أن يراعَى في الجرعات المحسوبة التي ستستخدم كأساس لاتخاذ القرارات ما قد تحققه تدابير المواجهة السابقة من تخفيضات في الجرعة . وقد سبق إجراء دراسات لهذه الفلسفة العامة قامت بها الوكالة الدولية للطاقة الذرية (14, 10) ، والإتحادات الأوروبية (124) ، واللجنة الدولية للحماية من الإشعاعات (7) .

والوقت هو أحد المعالم parameters الرئيسية لإتخاذ القرار ، وهو بطبيعته لا يخضع لسيطرة أحد . وبالتالي ، فإن قرار تطبيق تدابير المواجهة سيختلف في كل مرحلة من مراحل تسلسل الحادث .

وفي المرحلة الأولى ، تكون السمة الرئيسية هي أن القرارات التي تنطوي على أعمال يشترك فيها الجمهور تتخذ بصورة رئيسية على أساس الظروف السائدة في المنشأة . والهدف المطلوب هو التدخل تبعا للمخاطر المحتملة بالنسبة للأفراد ، ولذلك سيكون هناك على الأرجح ثلاثة نطاقات من الجرعة ذات أهمية ، تشمل نطاقا أعلى قد تحدث فيه تأثيرات لا عشوائية non-stochastic ، ونطاق أدنى تنخفض فيه إحتمالات مخاطر الإشعاع إلى حد

لا يستحق إتخاذ أي تدابير مواجهة . ولذلك ينبغي ، من حيث المبدأ ، تعيين مستويات التدخل التي تنطبق على تدابير المواجهة المناظرة للنطاق الأوسط ، والتي تتوقف على سمات الموقع . ويجب أن يكون بالإمكان تطبيق هذه المستويات بمرونة كافية للإستجابة لأي أوضاع قد تنشأ وقت وقوع الحادث .

وفي المرحلة المتوسطة ، ينبغي إذا كانت هناك ترسبات شديدة للمواد المشعة على سطح الأرض أن تتخذ القرارات على الأساس ذاته كما في المرحلة الأولى بالنسبة للذين يتعرضون لأعلى جرعات محتملة . وسيكون من الضروري أيضا النظر في تطبيق ضوابط على المواد الغذائية ونقل مجموعات السكان بشكل منظم لإعادة تسكينهم في أماكن أخرى . وستتأثر هذه القرارات على الأرجح بمدى تلوث الأرض وطبيعة الأنشطة في المناطق المتأثرة .

وفي مرحلة العودة إلى الحياة الطبيعية ، تكون المشكلة هي إختيار المعايير لعودة دخول السكان واستئناف توزيع الأغذية بدون قيود .

وفي حالات كثيرة سيكون من الصعب تقدير التكلفة الكلية لتدابير المواجهة المتخذة . ولابد من دراسة بيانات عديدة ولابد أن هذه البيانات سيشوبها قدر ملحوظ من عدم اليقين . وقد أجريت تقييمات لتدابير مواجهة مختلفة (101, 23) ، قورنت فيها بصورة رئيسية تكاليف الإجلاء وإعادة التسكين في أماكن أخرى (تكلفة الإجلاء أو إعادة التسكين للشخص الواحد) . ولابد أيضا من دراسة بعض التكاليف الأخرى التي تتصل بالخسائر التي تلحق بالملكيات والمحاصيل ، وتكاليف أعمال التطهير ، الخ . غير أن التكلفة هي عامل واحد من بين عدة عوامل تؤثر في البت في الإجراءات التي تتخذ في المرحلة الأولى ، سواء كان القائمون بالإجراء هم المسؤولون عن تشغيل المرفق النووي ، أو السلطة العامة التي تتولى عملية الإغاثة ، أو السلطات الوطنية المختصة (14) .

المستويات المرجعية

يمكن تعيين عدد من مستويات محددة للجرعة باعتبارها مستويات مرجعية في إطار نطاق واسع من الجرعات المحسوبة . ويمكن تحديد هذه المستويات المرجعية لبدء التدخلات الطارئة في حالة وقوع حادث ما . ويتعلق المستوى المرجعي الأدنى بمستويات الجرعة التي يكون إتخاذ إجراء ما غير مناسب عند المستويات الأدنى منها (14, 12, 7) . ولذلك فإن هذا المستوى ينطبق بصفة عامة ، على ألا يجرى تقييم من أجل إتخاذ قرار ما إلا بعد تجاوز قيمة هذا المستوى .

ويتعلق المستوى المرجعي الأعلى بقيمة الجرعة المتوقعة التي يصبح بعد تجاوزها من الضروري إتخاذ تدابير علاجية في جميع الحالات (14, 12, 7) . وتحديد هذه القيمة بدقة أصعب كثيرا من قيمة المستوى الأدنى ، نظرا لأن فعالية تدبير المواجهة تتباين وتعتمد على معالم متنوعة .

وهناك إختلافات من بلد إلى آخر في الظروف الإجتماعية الإقتصادية ، والظروف الديمغرافية ، والخصائص البيئية للمرافق النووية وأنواع المنشآت المعنية في الحوادث . ونظرا لأنه ينبغي أن تراعى كل هذه المعالم الرئيسية في تعيين قيم المستويات المرجعية ، فإنه لا يمكن أن يوصى بقيم قابلة للتطبيق في جميع الأحوال . والواقع أن المستويات المرجعية

الموصى بها في البلدان المختلفة تتضمن جميعها نطاقا واسعاً من القيم ، تبعا لمختلف الأوضاع والظروف والمعالم (12 ,14 ,15 ,19 ,30-25 ,133-125 , ت. ناغوكا ، بيانات غير منشورة ، ١٩٨١) .

وفي التطبيق العملي ، ينبغي وضع مستويات مرجعية مشتقة تطبق على أساس قياسات الإشعاع التي تجرى في البيئة وتتفق مع تركيزات النويدات المشعة radionuclides في الهواء ، ومياه الشرب ، والأغذية وعلى السطوح المختلفة . وقد يتعلق الأمر بتركيزات كل نوع من النويدات المشعة أو تركيزات مخاليط يمكن توقع إنطلاقها نتيجة للحادث (7 ,10 ,14) . ولتيسير إتخاذ القرار ، يوصى بأن تحتفظ السلطات المسؤولة بجداول أو رسوم بيانية تحتوي بالفعل بيانات مناسبة عن مسالك إنتشار الإشعاع ، والنويدات المشعة ، والمجموعات السكانية ، ومختلف مستويات التدخل المشتقة التي ينبغي إستخدامها لكل نوع من تدابير المواجهة .

وينبغي أن توضع المستويات المرجعية على أساس وطني لمراعاة الطابع الخاص للإنبعاثات والتعرض المرجح . وقد أوجزت أرجح حالات الإنبعاثات في الجدول ٤ . وبدراسة مختلف أنواع التعرض الممكنة وأهم تدابير المواجهة التي ينبغي إتخاذها ، يمكن تمييز سبعة مستويات مرجعية من أ إلى ز كما يتضح في الجدول ٥ . وفيما يلي أهم تدابير المواجهة التي ينبغي إتخاذها عند هذه المستويات المرجعية .

الإيــواء وتوزيع اليود المستقر (أ ، ب ، ج ، د)

في جميع الحالات المرجح حدوثها في المرحلة الأولى تكون القرارات متشابهة . ويبدأ النظر في تطبيق تدابير المواجهة على الأرجح عند مستويات قريبة من الحد الأقصى للجرعة المسموح بها للأفراد . وربما تقوم القرارات على بيانات غير كمية . وكدليل بسيط على ذلك ، فإن الإيواء sheltering لن يكون ضروريا بصفة عامة عندما تكون جرعات الجسم كله أدنى من الحد الأقصى للجرعة السنوية المقبولة للأفراد . وربما يتعين إتخاذ تدبير ما متى تجاوزت الجرعات حد الجرعة السنوية المقبولة بمقدار ١٠ أضعاف . غير أن المستوى الأدنى والمستوى الأعلى كليهما إرشاديان فحسب وينبغي إعتبارهما بمثابة نطاق عام للإسترشاد فقط .

الإجــلاء في المرحلة الأولــى (د)

يتعلق الأمر هنا بإحتمال الإجلاء لتجنب التعرض لغيمة الإشعاع . وهذا الإجراء لا يكون واقعيا إلا بالنسبة للإنبعاثات التي توفر بشأنها وقت كاف للتحذير أو للإنبعاثات التي تستمر مدة طويلة جدا حيث يكون الوقت الذي يستغرقه نقل السكان أقل كثيراً من مدة إنطلاق الإنبعاثات . ويجب أن تكون المستويات المرجعية مرتفعة ، سواء بالنسبة للإستنشاق أو جرعة الجسم كله . وهكذا ينبغي البدء في النظر في عملية الإجلاء عند مستويات جرعة تبلغ نحو ١٠ أضعاف الحد الأقصى للجرعة السنوية المقبولة ؛ وينبغي تعيين مستوى الجرعة الذي يلزم عنده بشكل قاطع تنفيذ عملية الإجلاء من أجل تجنب التأثيرات اللا عشوائية non-stochastic

الجدول ٥ ـــ المستويات المرجعية لتدابير المواجهة التي تتخذ في مختلف حالات التعرض للإشعاعات

حالة التعرض	المستوى المرجعي وتدبير المواجهة المناسب						
	أ حماية الجهاز التنفسي	ب تعاطي اليود	ج الإيواء	د الإيواء و/أو الإجلاء	هـ الإجلاء	و النقل إلى أماكن أخرى (إعادة التسكين)	ز التطهير وقيود زراعية (قيود على الحليب)
المرحلة الزمنية	الأولى					المتوسطة	النهائية
مصدر الإشعاع	غيمة الإشعاع				ترسبات على الأرض		الأغذية
مسار التعرض	الإستنشاق			الغيمة	تشعع خارجي		إبتلاع
القيمة المناسبة للتعبير عن قياس الجرعة	الجرعات المأخوذة بالإستنشاق			الجرعة الخارجية من الغيمة	الجرعة المحسوبة على مدى فترة قصيرة	الجرعة الخارجية السنوية المحسوبة	الجرعة السنوية المحسوبة
إحتمال التأثير الحاد	+	+	+	+	+		
إنطباق تدابير المواجهة :							
ـــ غازات خاملة				+			
ـــ غازات خاملة + يود	+	+	+	+	+		+
ـــ غازات خاملة + يود + سيزيوم ، الخ	+	+	+	+	+	+	+

الإجلاء في المرحلة المتوسطة (هـ)

يتعلق الأمر هنا بجرعة محسوبة في زمن قصير تقتضي إتخاذ قرار عاجل بشأن الإجلاء . وينبغي أن يكون الوقت الذي تحسب الجرعة على مداه في حدود أسبوع ، وتكون التأثيرات الماسخة هي الإعتبار الحاسم . وينبغي النظر في إجلاء السكان لتجنب التعرض لمكافيء جرعة فورية تبلغ نحو ٢٠ مثل الحد الأقصى للجرعة السنوية المقبولة للأفراد . ويمكن ترجمة ذلك في التطبيق العملي إلى معدل جرعة يبلغ بضع وحدات مليغراي/يوم خلال الأيام القليلة الأولى التالية لوقوع الحادث . ويتخذ الإجراء بصورة قاطعة عندما تتجاوز الجرعات هذا الرقم بمقدار ١٠ أضعاف .

النقل إلى أماكن أخرى (إعادة التسكين) (و)

تتوقف قرارات النقل إلى أماكن أخرى relocation على حجم المنطقة المتأثرة وطبيعة الأنشطة الجارية فيها . ولا تتخذ قرارات النقل حيثما كانت الجرعات السنوية في حدود الجرعات الطبيعية . وعموما ، يلزم النقل إلى أماكن أخرى إذا بلغ مستوى الجرعة الخارجية الحد الأقصى للجرعة السنوية المقبولة بالنسبة للعاملين المعرضين في عملهم . غير أنه يتعين أن تتسم هذه القيم بالمرونة تبعاً للظروف الفعلية .

تطهير المناطق من التلوث وتحويل إمدادات الأغذية (ز)

يجب عند هذه النقطة مراعاة إعتبارات التكلفة والفائدة عند البت في مقدار الجرعة الفردية الناجمة من تلوث التربة ، والتي يمكن عندها إستئناف الحياة الطبيعية في المنطقة . ولن تدعو الحاجة عموما إلى تجاوز قيم الحد الأقصى للجرعة السنوية المقبولة للأفراد والتي تترتب على إستهلاك المنتجات الغذائية ، ما لم يكن هناك إحتمال كبير لحدوث نقص غذائي . ومن ناحية أخرى ، ففي حالة الحليب الطازج ، يمكن أن تكون مصادرة الإمدادات عند مستويات جرعة أدنى بشكل ملحوظ إجراء يتسم بالفاعلية بالمقارنة مع التكلفة .

المراجـــع

1. *Effect of radiation on human heredity.* Geneva, World Health Organization, 1957.
2. *Diagnosis and treatment of acute radiation injury.* Geneva, World Health Organization, 1961.
3. *Protection of the public in the event of radiation accidents.* Geneva, World Health Organization, 1965.
4. *Health implications of nuclear power production*: report on a Working Group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1977 (WHO Regional Publications, European Series, No. 3).
5. *Nuclear power: health implications of transuranium elements.* Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982 (WHO Regional Publications, European Series, No. 11).
6. *Nuclear power: management of high-level radioactive waste.* Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1982 (WHO Regional Publications, European Series, No. 13).
7. **International Commission on Radiological Protection.** Recommendations of the ICRP. *Annals of the ICRP,* **1**(3), 1977 (ICRP Publication 26).
8. **International Commission on Radiological Protection.** Statement and recommendations of the 1980 Brighton meeting of the ICRP. *Annals of the ICRP*, **4**(3/4) (1980).
9. **International Commission on Radiological Protection.** The principles and general procedures for handling emergency and accidental exposures of workers. *Annals of the ICRP,* **2**(1), 1978 (ICRP Publication 28).
10. *Basic safety standards for radiation protection:* report of an Advisory Group. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1982.
11. **Collins, H.E. et al.** *Planning basis for the development of state and local government radiological emergency response plans in support of light water nuclear power plants.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1978 (report NUREG-0396, EPA 520/1-78-016).

12. *Radiological protection criteria for controlling doses to the public in the event of accidental releases of radioactive material.* A guide on emergency reference levels of dose from the group of experts convened under Article 31 of the Euratom Treaty. Brussels, Commission of the European Communities, 1982.
13. *Planning for off-site response to radiation accidents in nuclear facilities.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1979 (report IAEA-TECH DOC 225).
14. *Planning for off-site response to radiation accidents in nuclear facilities.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981 (IAEA Safety Series, No. 55).
15. *Emergency plan in the event of an accident in a nuclear installation.* Paris, WHO International Centre of Radiopathology, 1982.
16. **Jammet, H. et al.** Application of the International Commission on Radiological Protection doctrine to intervention in the case of an accident at a nuclear power station. *In: Proceedings of the International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, Stockholm, 20–24 October 1980.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981, Vol. II, pp. 55–65.
17. **Hamard, J. et al.** Basic principles for emergency preparedness. *In: Proceedings, Radiological Protection – Advances in Theory and Practice, Third International Symposium, Society for Radiological Protection, Inverness, Scotland, 6–11 June 1982,* pp. 221–226.
18. **Institut für Reaktorsicherheit der Technischen Überwachungs-Vereine.** *Basic recommendations for disaster control in the environment of nuclear installations.* Bonn, The Federal Ministry of the Interior, 1975.
19. **Clarke, R.H.** Revised emergency reference levels of dose for controlling accidental exposure of members of the public in the UK. *In: Proceedings of the International Symposium on the Application of the Dose Limitation System in Nuclear Fuel Cycle Facilities and Other Radiation Practices, Madrid, 19–23 October 1981.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1982 (report IAEA-SM-258/19).
20. *PRA procedures guide: a guide to the performance of probabilistic risk assessments for nuclear power plants.* Appendix F: Liquid-pathway consequence analysis. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1982 (report NUREG/CR-2300), Vol. 2, Rev. 1.
21. **Hamard, J. & Bousquet-Clayeux, G.** The French emergency plans in the event of nuclear accidents. The 27th Annual Meeting of the Health Physics Society, Las Vegas, Nevada, 27 June–1 July 1982. *Health physics* (in press).
22. **Le Grand, J. et al.** Methodology and practical basis for emergency planning in case of accidental release. *In: Proceedings of the International ANS/ENS Topical Meeting on Probabilistic Risk Assessment, Port Chester, 20–24 September 1981.* LaGrange Park, IL, American Nuclear Society, 1982.
23. *Reactor safety study. Appendix VI: Calculation of reactor accident consequences.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1975 (report WASH-1400).

24. **Wilson, R.** Nuclear accident scenarios and implications for emergency planning. *Health physics,* **40**: 287–290 (1981).
25. **US Nuclear Regulatory Commission.** Emergency planning; final regulations. *Federal register,* **45**(162): 55 402-55 418 (1980).
26. *Criteria for preparation and evaluation of radiological emergency response plan and preparedness in support of nuclear power plants.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1980 (report NUREG-0654).
27. *Emergency planning for research reactors.* Regulatory Guide 2.6. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1979.
28. *Functional criteria for emergency response facilities.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1981 (report NUREG-0696).
29. *Report to Congress: NRC incident response plan.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1980 (report NUREG-0728).
30. *Report to Congress on status of emergency response planning for nuclear power plants.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1981 (report NUREG-0755).
31. **International Commission on Radiological Protection.** Limits for intakes of radionuclides by workers. *Annals of the ICRP,* **2**(3/4), 1979 (ICRP Publication 30), Part 1.
32. **International Commission on Radiological Protection.** Limits for intake of radionuclides by workers. *Annals of the ICRP,* **4**(3/4), 1980 (ICRP Publication 30), Part 2.
33. **Madelmont, C. et al.** Radiological impact of nuclear power plants and other nuclear installations on man and his environment. *In: Joint Radiation Protection Meeting of the Société française de Radioprotection and Fachverband für Strahlenschutz e.V., Lausanne, 30 September–2 October 1981,* pp. 507–514.
34. *Atmospheric dispersion in nuclear power plant siting.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1980 (Safety Series No. 50-SG-S3).
35. **Le Grand, J. & Manesse, D.** *Modèle IPSN pour le calcul simplifié de la dispersion atmosphérique des rejets accidentels.* Fontenay-aux-Roses, Atomic Energy Commission, 1982 (report CEA-R-5170).
36. *Methods for estimating atmospheric transport and dispersion of gaseous effluents in routine releases from light-water-cooled reactors.* Regulatory Guide 1.III, Revision 1. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1977.
37. *PRA procedures guide: a guide to the performance of probabilistic risk assessments for nuclear power plants.* Chapter 9: Environmental transport and consequence analysis. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1982 (report NUREG/CR-2300), Vol. 2, Rev. 1.
38. **Clarke, R.H. & Kelly, G.N.** *MARC. The NRPB methodology for assessing radiological consequences of accidental releases of activity.* Chilton, National Radiological Protection Board, 1981 (NRPB Report 127).

39. **Robeau, D. et al.** Atmospheric transfer model for radiological emergency preparedness for complex terrain. *In: Proceedings of the International Meeting on Thermal Nuclear Reactor Safety, Chicago, 23 August–2 September 1982.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1983.
40. *Estimating aquatic dispersion of effluents from accidental and routine reactor releases for the purpose of implementing.* Appendix I, Regulatory Guide 1.113, Revision 1. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1977.
41. *Programs for monitoring radioactivity in the environs of nuclear power plants.* Regulatory Guide 4.1, Revision 1. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1975.
42. *Instrumentation for light-water-cooled nuclear power plants to assess plant and environs conditions during and following an accident.* Regulatory Guide 1.97, Revision 2. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1980.
43. *Guidance on offsite emergency radiation measurement systems. Phase I. Airborne release.* Washington, DC, Federal Emergency Management Agency, 1980 (report FEMA-REP-2).
44. **Distenfield, C. & Klemish, J.** *Environmental radioiodine monitoring to control exposure expected from containment release accidents.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1978 (report NUREG/CR-0315, BNL-50882).
45. **International Commission on Radiological Protection.** Problems involved in developing an index of harm. *Annals of the ICRP,* **1**(4), 1978 (ICRP Publication 27).
46. *Ionizing radiation: levels and effects.* A report of the United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation to the United Nations General Assembly. New York, UNSCEAR, 1977.
47. *The effects on populations of exposure to low levels of ionizing radiation.* Report of the Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation, BEIR III. Washington, DC, US National Academy of Sciences, 1980.
48. **International Commission on Radiological Protection.** Biological effects of inhaled radionuclides. *Annals of the ICRP,* **4**(1/2), 1980 (ICRP Publication 31).
49. **Wald, N.** Radiation injury. *In: Cecil's textbook of medicine,* 16th ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 1982.
50. **Grosch, D.S. & Hopwood, L.E.** *Biological effects of radiation,* 2nd ed. New York, Academic Press, 1979.
51. **Los Alamos Scientific Laboratory & McDonnell Aircraft Corporation.** Radiation biology and space: environmental parameters in manned spacecraft design and operations. *Aerospace medicine,* **35**(2): Sect. II (1965).
52. **Langham, W.H., ed.** *Radiobiological factors in manned space flight.* Washington, DC, National Academy of Sciences & National Research Council, 1967 (Publication 1487).
53. **Ellis, F.** Dose, time and fractionation: a clinical hypothesis. *Clinical radiology,* **20**: 1–7 (1969).

54. **Orton, C.C. & Ellis, F.** A simplification in the use of the NSD concept in practical radiotherapy. *British journal of radiology*, **46**: 529–537 (1973).
55. **Turesson, I.** *Fractionation and dose-rate in radiotherapy. An experimental and clinical study of the cumulative radiation effect.* Thesis, University of Gothenburg, 1979.
56. **Turesson, I. & Notter, G.** The response of pig skin to single and fractionated high dose-rate and continuous low dose-rate irradiation — III: Re-evaluation of the CRE-system and the TDF-system according to the present findings. *International journal of radiation oncology, biology, physics*, **5**: 1773–1779 (1979).
57. *Radiation quantities and units.* Washington, DC, International Commission of Radiation Units and Measurements, 1980 (ICRU Report 33).
58. **Bond, V.P. et al.** *Mammalian radiation lethality: a disturbance in cellular kinetics.* New York, Academic Press, 1965.
59. **Norwood, W.D.** *Health protection of radiation workers.* Springfield, IL, C.C. Thomas, 1975.
60. **Wald, N. & Watson, J.A.** Medical modification of human acute radiation injury. *Proceedings of the IVth International Congress of the International Radiation Protection Association*, **4**: 1183–1190 (1977).
61. *Manual of early medical treatment of possible radiation injury.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1978 (IAEA Safety Series, No. 47).
62. **Hubner, K.F. & Fry, S.A.** *The medical basis for radiation accident preparedness. Proceedings of the REAC/TS International Conference, Oak Ridge, TN, 18–20 October 1979.* New York, Elsevier North-Holland, 1980.
63. **Hahn, F.F.** *Early mortality estimates for different nuclear accidents. Final phase I report, October 1977–April 1979.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1979 (report NUREG/CR-0774).
64. **Filipy, R.E. et al.** *A mathematical model for predicting the probability of acute mortality in a human population exposed to accidentally released airborne radionuclides.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1980 (report NUREG/CR-1261).
65. **Fryer, C.J.H. et al.** Radiation pneumonitis: experience following a large single dose of radiation. *International journal of radiation oncology, biology, physics*, **4**: 931–936 (1978).
66. **Fowler, J.F. & Travis, E.L.** Radiation pneumonitis syndrome in half body radiation therapy. *International journal of radiation oncology, biology, physics*, **4**: 1111–1113 (1978).
67. **Philips, T.L. & Margolis, L.** Radiation pathology and the clinical response of lung and oesophagus. *In:* Vaeth, J.M., ed. *Frontiers of radiation therapy and oncology.* Basle, S. Karger, 1972, Vol. 6, pp. 254–273.
68. **Rubin, P. & Casarett, G.W.** *Clinical radiation pathology.* Philadelphia, W.B. Saunders, 1968.
69. **Golden, A.W. & Davey, J.B.** The ablation of normal thyroid tissue with iodine-131. *British journal of radiology*, **36**: 340–345 (1963).

70. **Beling, N. & Einhorn, J.** Incidence of hyperthyroidism and recurrences following ^{131}I treatment and hyperthyroidism. *Acta radiologica,* **56**: 275–288 (1961).
71. *Protection of the thyroid gland in the event of releases of radioiodine.* Washington, DC, National Council on Radiation Protection and Measurements, 1977 (NCRP Report No. 55).
72. **Maxon, H.R. et al.** Ionizing irradiation and the induction of clinically significant disease in the human thyroid gland. *American journal of medicine,* **63**: 967–978 (1977).
73. **Markson, J.L. & Flatman, G.E.** Myxoedema after deep X-ray therapy to the neck. *British medical journal,* **1**: 1228–1230 (1965).
74. **Rogoway, W.M. et al.** Myxoedema developing after lymphangiography and neck irradiation. *Clinical research,* **14**: 133 (1966).
75. **Fletcher, G.H.** *Textbook of radiotherapy,* 3rd ed. Philadelphia, Lea and Febiger, 1980.
76. **Sternberg, J.** Irradiation and radiocontamination during pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology,* **108**: 490–513 (1970).
77. **Brent, R.L. & Gorson, R.O.** Radiation exposure in pregnancy. *Current problems in radiology,* Vol. II, No. 5, September-October 1972.
78. **Brent, R.L.** Radiation teratogenesis. *Teratology,* **21**: 281–298 (1980).
79. **Mole, R.H.** Radiation effects on prenatal development and the radiological significance. *British journal of radiology,* **52**: 89 (1979).
80. *Instruction concerning prenatal radiation exposure.* Proposed revision 2 to Regulatory Guide 8.13. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1981 (report Task OP 031-4).
81. **Clarke, R.H. & Smith, H.** *A procedure for calculating the incidence of stochastic health effects in irradiated populations.* Chilton, National Radiological Protection Board, 1980 (NRPB Report R 102).
82. **Shore, R.E. et al.** Radiation and host factors in human thyroid tumors following thymus irradiation. *Health physics,* **38**: 451–466 (1980).
83. *Manual of protective action guides and protective actions for nuclear incidents.* Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1975 (report 520/1-75-001).
84. **Aldrich, D.C. et al.** Examination of off-site emergency protective measures for core melt accidents. *In: Proceedings of the ANS Topical Meeting, Newport Beach, CA, 5–8 October 1978.* LaGrange Park, IL, American Nuclear Society, 1979.
85. *Management of persons accidentally contaminated with radionuclides.* Washington, DC, National Council on Radiation Protection and Measurements, 1980 (NCRP Report No. 65).
86. **Anno, G.H. & Dore, M.A.** *The effectiveness of sheltering as a protective action against nuclide accidents involving gaseous releases.* Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1978 (report 520/1-78-001 A).
87. *Construction et protection contre les retombées radioactives.* Paris, Direction de la Sécurite Civile, Ministère de l'Intérieur, 1976 (Fascicule 1).

88. **Aldrich, D.C. et al.** *Public protection strategies for potential nuclear reactor accidents: sheltering concepts with existing public and private structures.* Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1977 (report SAND 77-1725).
89. **Aldrich, D.C. & Blond, R.M.** *Examination of the use of potassium iodide as an emergency protective measure for nuclear reactor accidents.* Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1980 (report SAND 80-0981).
90. **Sternthal, E. et al.** Suppression of thyroid radioiodine uptake by various doses of stable iodine. *New England journal of medicine,* **303**(19): 1083–1088 (1980).
91. **Volf, V.** Jodtabletten als Schilddrüsenschutz nach Reaktorunfall: Risiko-Nutzen-Überlegungen. *Atomkernenergie-Kerntechnik,* **37**(1): 50–54 (1981).
92. **Wootton, R. & Hammond, B.J.** A computer simulation study of optimal thyroid radiation protection during investigations involving the administration of radioiodine-labelled pharmaceuticals. *British journal of radiology,* **51**: 265–272 (1978).
93. **Aldrich, D.C. & Blond, R.M.** Radiation protection: an analysis of thyroid blocking. *In: Proceedings of the International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, Stockholm, 20–24 October 1980.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981 (report IAEA-CN 38/102), pp. 67–80.
94. **Saxena, K.M. et al.** Minimum dosage of iodide required to suppress uptake of iodine-131 by normal thyroid. *Science,* **138**: 430–431 (1962).
95. **US Food and Drug Administration.** Accidental radioactive contamination of human and animals feeds and potassium iodide as a thyroid blocking agent in a radiation emergency. *Federal register,* **43**: 58 798 (1978).
96. **Livadas, D.P. et al.** The toxic effects of small iodine supplements in patients with autonomous thyroid nodules. *Clinical endocrinology,* **7**: 121–127 (1977).
97. **Stone, O.J.** What are the non-endocrinal biologic effects of iodides? *Medical times,* **99**: 143–155 (1971).
98. **Shelly, W.B.** Generalized pustular psoriasis induced by potassium iodide. *Journal of the American Medical Association,* **201**: 133–137 (1967).
99. **Cooper, D.W. et al.** *Expedient methods of respiratory protection:* final report. Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1981.
100. *Acceptable programs for respiratory protection.* Regulatory Guide 8.15. Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1976.
101. **Hands, J.M. & Sell, T.C.** *Evacuation risk — an evaluation.* Washington, DC, US Environmental Protection Agency, 1974 (report EPA-520/6-74-002).
102. *Dynamic evacuation analyses: independent assessments of evacuation times from the plume exposure pathway emergency planning zones of twelve nuclear power stations.* Washington, DC, Federal Emergency Management Agency, 1981.

103. **Aldrich, D.C. et al.** *A model of public evacuation for atmospheric radiological releases.* Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1978 (report SAND 78-0092).
104. **Urbanik, T. et al.** *Analysis of techniques for estimating evacuation times for emergency planning zones.* Washington, DC, US Nuclear Regulatory Commission, 1980 (report NUREG/CR-1745).
105. *Road traffic accident statistics:* report on a WHO *Ad hoc* Technical Group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 1979 (EURO Reports and Studies, No. 19).
106. **Wald, N.** The Three Mile Island incident in 1979: the state response. *In: The medical basis for radiation accident preparedness.* New York, Elsevier North-Holland, 1980, pp. 491–500.
107. **Hull, A.P.** Critical evaluation of radiological measurements and of the need for evacuation of the nearby public during The Three Mile Island incident. *In: Proceedings of the International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, Stockholm, 20–24 October 1980.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981 (report IAEA-CN-39/97), pp. 81–96.
108. **Hilbert, G.D. et al.** *Mississauga evacuates: a report on the closing of Canada's ninth largest city.* Rockville, MD, NUS Corporation, 1980 (report NUS-3614).
109. **Graff, P.** Evacuation de population dans une situation d'urgence. Exemple de l'éruption de la Soufrière (Guadeloupe) en juillet et août 1976. *In: Proceedings of the International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, Stockholm, 20–24 October 1980.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981 (report IAEA-CN-39/8.1), pp. 359–377.
110. **Bastien, M.C. et al.** Evacuation risks: a tentative approach for quantification. *Risk analysis* (in press).
111. **Lindell, M.K. & Greene, M.R.** *Evacuation planning in emergency management.* Lexington, Lexington Books, 1982.
112. **Smith, J.S. & Fisher, J.H.** Three Mile Island. The silent disaster. *Journal of the American Medical Association,* **245**: 1656–1659 (1981).
113. **Hull, A.P.** Emergency preparedness for what? (Implication of the TMI-2 accident). *Nuclear news,* April 1981, pp. 61–67.
114. **Aldrich, D.C. et al.** *Examination of off-site radiological emergency protective measures for nuclear reactor accidents involving core melt.* Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1978 (report SAND 8-0454).
115. **Aldrich, D.C. et al.** *Effect of revised evacuation model on reactor safety accident consequences.* Albuquerque, NM, Sandia Laboratories, 1979 (report SAND 79-0095).
116. **Kasl, S.V. et al.** The impact of the accident at the Three Mile Island on the behavior and well-being of nuclear workers. *American journal of public health,* **71**(5): 472–495 (1981).
117. **Bromet, E. et al.** *Three Mile Island: mental health findings.* University of Pittsburgh, Department of Psychiatry, 1980.

118. **Macleod, G.K.** Some public health lessons from Three Mile Island: a case study in chaos. *Ambio,* **10**: 18–23 (1981).

119. **Weidner, W.A. et al.** The impact of a nuclear crisis on a radiology department. *Radiology,* **135**(3): 717–723 (1980).

120. *Preparedness of the operating organization (licensee) for emergencies at nuclear power plants. A safety guide.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1982 (IAEA Safety Series, No. 50-SG-06).

121. *Preparedness of public authorities for emergencies at nuclear power plants. A safety guide.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1982 (IAEA Safety Series, No. 50-SG-G6).

122. **ANS Standards Committee Working Group.** *American National Standard for radiological emergency preparedness exercises for nuclear power plants.* LaGrange Park, IL, American Nuclear Society, 1979 (report ANSI/ANS-3.7.3).

123. **Wagadarikar, V.K. et al.** Training for handling of radiation emergency situations in nuclear power plants. *In: Proceedings, IAEA Seminar on Radiation Emergency Preparedness (Health Physics and Medical Aspects), Kalpakkam, India, 30 November–11 December 1981.* Kalpakkam, Reactor Research Centre, 1982 (report RRC-55).

124. **Council of Ministers of the European Communities.** Directive of July 15 1980 amending the Directives laying down the basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the hazards of ionizing radiation. *Official journal of the European Communities,* No. L 246, 17 September 1980.

125. *Emergency reference levels: interim guidance.* Harwell, National Radiological Protection Board, 1977 (report ERL 1).

126. *Emergency reference levels: criteria for limiting doses to the public in the event of accidental exposure to radiation.* Harwell, National Radiological Protection Board, 1981 (report ERL 2).

127. **Betz, B. et al.** *Der Reaktorunfall.* Munich, Schriftenreihe der Bayerischen Landesärztekammer, 1980.

128. **Hesel, D. & Schadt, H.** Dose limitation in high consequence–low probability nuclear accidents in the Federal Republic of Germany. *In: Proceedings of the International Symposium on the Application of the Dose Limitation System in Nuclear Fuel Cycle Facilities and Other Radiation Practices, Madrid, 19–23 October 1981.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1982 (report IAEA-SM-258/1).

129. **Pretre, S. et al.** Nuclear emergency planning in Switzerland: a survey. *In: Joint Radiation Protection Meeting of the Société française de Radioprotection and Fachverband für Strahlenschutz e.V., Lausanne, 30 September–2 October 1981.*

130. **Suzuki-Yasumoto, M.** National nuclear emergency planning in Japan. *In: Proceedings, IAEA Seminar on Radiation Emergency Preparedness (Health Physics and Medical Aspects), Kalpakkam, India, 30 November–11 December 1981.* Kalpakkam, Reactor Research Centre, 1982 (report RRC-55).

131. **Henderson, O.K.** Radiation emergency response planning in Pennsylvania. *In: Proceedings of the International Conference on Current Nuclear Power Plant Safety Issues, Stockholm, 20–24 October 1980.* Vienna, International Atomic Energy Agency, 1981 (report IAEA-CN-39/7.1), pp. 333–341.
132. **Macleod, G.K.** *Emergency preparedness plan for distribution of a saturated solution of potassium iodide (SSKI) in response to the accident at Three Mile Island nuclear generating plant, March 28, 1979.* Harrisburg, PA, Pennsylvania Department of Health, 1980.
133. **Owen, D.** The application of decision analysis to crisis decision making. *In: Proceedings of the Executive Conference on Emergency Preparedness, American Nuclear Society, San Antonio, Texas, 10–13 February 1980.*

الملحـــق ١

أعضـــاء المجموعـات الفرعيـــة

المجموعة الفرعية الأولى المعنية بالمبادىء العامة

الدكتور د.و. مولـر (الرئيس)
الدكتور أ. كونز
الدكتور أ.أ. مويسـيف
الدكتور ف.ر. شـاه

المجموعة الفرعية الثانية المعنية بالمستويات المرجعيـة

الدكتور ب. ليندل (الرئيس)
الدكتور د. بنينسـون
الدكتور ر.هـ. كـلارك
الدكتور و. سيلنتاغ

المجموعة الفرعية الثالثة المعنية بتدابير المواجهة

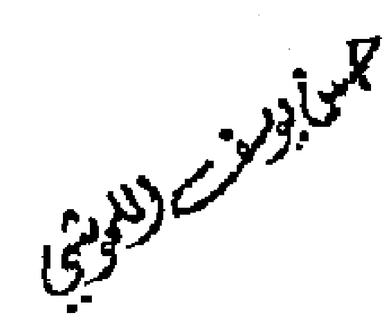
الدكتور أ. إيلاري (الرئيس)
الدكتور ف. بروير
الدكتور ك.ف. هوبنر

المجموعة الفرعية الرابعة المعنية بتقدير المخاطر

الدكتور س.س. يانيـف (الرئيس)
الدكتور د. بنينسـون
الدكتور ل.ب. تشـانيك

المجموعة الفرعية الخامسة المعنية بالجوانب النفسية الإجتماعية

الدكتور ن. والد (الرئيس)
الدكتور هـ. داو
الدكتور ت. كوماتوري
الدكتور أ. لافونتين
الدكتور ف.أ. سـتيف



الملحـق ٢

المشـــتركون

المســتشـارون المؤقتـون

الدكتور د. بنينسون ، مدير ، ترخيص المنشآت النووية ، اللجنة الوطنية للطاقة الذرية ، بوينس أيرس ، الأرجنتين

الدكتور ف. بروير ، مديرية الأمان النووي والوقاية من الإشعاع ، لجنة الطاقة النووية ، روما ، إيطاليا

الدكتور ر.هـ. كلارك ، أمين المجلس الوطني للحماية الإشعاعية ، شيلتون ، ديدكوت ، المملكة المتحدة (المقرر)

السيدة هـ. دي كليرك ، فرع النشاط الإشعاعي ، قسم البيئة ، معهد التصحح والوبائيات ، بروكسل ، بلجيكا

الســيد ج. فيو ، رئيس قسم القياس ومراقبة الإشعاعات ، مركز بحوث الطاقة النووية (مركز دراسة الطاقة النووية) ، مول ، بلجيكا

الدكتور ك.ف. هوبنر ، رئيس مساعد ، شعبة العلوم الطبية والصحية ، رابطة جامعات أوك ريدج ، تنيسي ، الولايات المتحدة الأمريكية

الدكتور هـ.ب. جاميت ، مدير الوقاية ، معهد الوقاية والأمان النوويين ، لجنة الطاقة الذرية ، فونتني ـــ أو ـــ روز ، فرنسا (الرئيس)

الســيد ر. كيرشمان ، رئيس فرع ، قسم الحيويات الإشعاعية ، لجنة الطاقة النووية (مركز دراسة الطاقة النووية) ، مول ، بلجيكا

الدكتور ت. كوماتوري ، مدير عام ، المعهد الوطني للعلوم الإشعاعية ، شيبا ـــ شي ، اليابان

الدكتور أ. كونز ، نائب رئيس ، قسم التصحح الإشعاعي ، معهد التصحح والوبائيات ، براغ ، تشيكوسلوفاكيا

الدكتور ل. لافونتين ، أستاذ ومدير ، معهد التصحح والوبائيات ، بروكسل ، بلجيكا

الدكتور ب. ليندل ، أستاذ ومدير ، المعهد السويدي الوطني للوقاية من الإشعاعات ، استكهولم ، السويد

الدكتور د.و. مولر ، أستاذ الهندسة في الصحة البيئية ، مدرسة الصحة العامة ، جامعة هارفارد ، بوسطن ، ماساشوستس ، الولايات المتحدة الأمريكية

الدكتور أ.أ. مويسيف ، رئيس مختبر عدادات الإشعاع الكلي في الجسم ، معهد الفيزياء الحيوية ، موسكو ، إتحاد الجمهوريات الإشتراكية السوفيتية

الدكتور ج.ـس. نينو ، رئيس خدمات التصحح الإشعاعي ، قسم الوقاية الصحية ، معهد الوقاية والأمان النووي ، لجنة الطاقة الذرية ، فونتنى ـ أو ـ روز ، فرنسا (المقرر)

الدكتور و. سيلنتاغ ، رئيس خدمات المشكلات الطبية والحيوية للوقاية من الإشعاعات ، وزارة الداخلية الإتحادية ، بون ، جمهورية ألمانيا الإتحادية

الدكتور ف.ر. شاه ، رئيس المجموعة الطبية ، مركز بهابها للبحوث الذرية ، ترومبي ، بومباي ، الهند

الدكتور ف.أ. ستيف ، أستاذ ، جمعية بحوث الإشعاع والبيئة ، نوبيرغ ، جمهورية ألمانيا الإتحادية

الدكتور أ. سترامبي ، مستشار طبي ، اللجنة الوطنية للطاقة النووية ، روما ، إيطاليا

الدكتور ل.ب. تشانيك ، مدير معهد البحوث الوطني للحيويات الإشعاعية والتصحح الإشعاعي ، بودابست ، المجر

الدكتور ن. والد ، أستاذ ورئيس قسم التصحح الإشعاعي ، المعهد العالي للصحة العامة ، جامعة بيتسبرغ ، بنسلفانيا ، الولايات المتحدة الأمريكية

الدكتور س.س. يانيف ، أخصائي في الآثار الإشعاعية والصحية ، فرع الآثار الصحية ، مكتب البحوث التنظيمية النووية ، اللجنة التنظيمية النووية للولايات المتحدة الأمريكية ، واشنطن العاصمة ، الولايات المتحدة الأمريكية

ممثلو المنظمات الأخرى

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

الدكتور هـ. داو ، رئيس شعبة الأمان النووي ، فيينا ، النمسا

منظمـة التعاون والتنميـة في الميدان الإقتصـادي

الدكتور أ. إيلاري ، نائب رئيس شعبة الوقاية الإشعاعية وإدارة النفايات ، وكالة الطاقة النووية ، باريس ، فرنسا

الرابطـة الدوليـة للوقايـة من الإشـعاعات

الدكتور ج.ـــس. نينـو

منظمـــة الصحـة العالميـــة

المكتب الإقليمـــي لأوروبـا

الدكتور م. ج. سويس ، موظف إقليمي مختص بمخاطر البيئة (**أمين علمي مشارك**)

المقـر الرئيســـي

الدكتور أ. كوماروف ، باحث (الإشعاعات) ، المخاطر البيئية ووقاية الأغذية ، شعبة الصحة البيئية (**أمين علمي مشارك**)

إن الانتشار السريع لاستعمالات الإشعاع يحتم معرفة كيفية وقاية الجمهور من الحوادث التي يمكن أن تقــع ، حتى ولو كانت قليلة الاحتمال . ويقدم هذا الكتاب إرشادات بشأن كيفية التعامل مع الأحداث أو الظروف غير المتوقعة في المؤسسات النووية ، التي تنطوي على احتمال انطلاق مواد مشعة في البيئة ، تتجاوز الحدود المسموح بها .

والكتاب يعرض على السلطات الوطنية كيف تنمي قدرتها على إتخاذ الإجراءات المناسبة في حالة الطوارىء النووية . ولقد ظهر جليا من الخبرة المكتسبة في جزيرة ثري مايل أيلند ، أن هناك عامليْن من أهم عوامل التخطيط لحالات الطوارىء ، هما تنسيق أنشطة مختلف السلطات المعنية ، وتجنب المشاكل النفسية الإجتماعية التي تنجم عن عدم إعلام الناس بالحقائق سواء قبل وقوع الحادث أو أثناءه

والمبادىء الإرشادية المعروضة هنا ، تستند إلى الفلسفة التي أرسـتها هيئات مثل الهيئة الدولية للحماية من الإشعاع . ويصف الكتاب تدابير مواجهة الطوارىء التي ينبغي إتخاذها ويبين آثارها السيئة والمفيدة على السواء. ويتوجب الموازنة بين مدى صواب إتخاذ هذه التدابير وبين هذه التأثيرات ، الأمر الذي يعتمد أيضا على مصادر الإنبعاثات الإشعاعية وتوقيتها . ويتناول التقرير أيضا المعالم الرئيسية ذات الصلة باتخاذ القرارات ، وكيفية استعراف وتحديد المستويات المرجعية التي ستعجل باتخاذ تدابير الطوارىء .

إن هذا الكتاب له أهميته بالنسبة لكل المعنيين بقضايا الســـلامة في المؤسسات النووية ، سواء أكانوا في داخل المؤسسات ذاتها أو في السلطات المحلية المسؤولة عن الصحة العمومية . إن الإستجابة إلى حادث بعينه ، ولا سيما إختيار تدابير المواجهة النوعية ، وتوقيت تطبيقها ، سوف تعتمد إلى حد كبير عن الوضع السائد ، بما في ذلك طبيعة الحادث وجغرافية المنطقة ، والظروف الجوية في ذلك الوقت .
ولقد إلتزم هذا الكتاب عمدا بمرونة التوصيات المقدمة فيه ، حتى يمكن أن يحقق أقصى الفائدة في أوسع نطاق ممكن من الظروف والأحوال المختلفة .

يمكن الحصول على أسعار خاصة فيما يتعلق بطلبات الشراء الواردة من دول الإقليم ، ومن البلدان النامية ، وعند شراء كميات كبيرة . وتقدم الطلبات الخاصة بذلك إلى المكتب الإقليمي لشرق البحر المتوسط ، الإسكندرية ، مصر .

السـعر : ٧ دولارات أمريكية

ISBN 92-9021-087-7